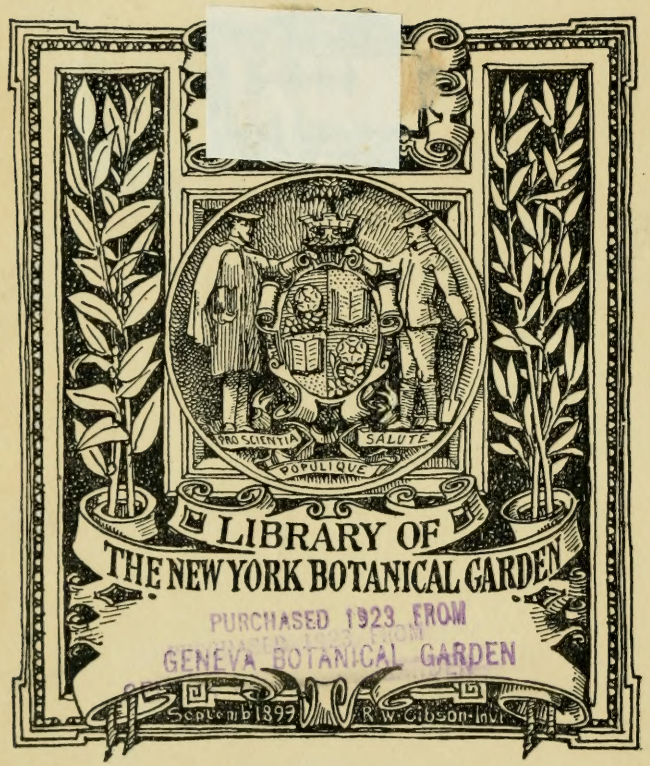
QK
771
.H4


PRO SCIENTIA
SALUTE
POPULIQUE
LIBRARY OF
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
PURCHASED 1923 FROM
GENEVA BOTANICAL GARDEN
Septemb 1897
R. W. Gibson Invt.

DUPLICATA DE LA BIBLIOTHÈ
DU CONSERVATOIRE BOTANIQUE D
VENDU EN 1922

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈ

LIBRARY
NEW YORK

DU
MOUVEMENT VÉGÉTAL

NOUVELLES RECHERCHES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

SUR LA MOTILITÉ

DANS QUELQUES ORGANES REPRODUCTEURS DES PHANÉROGAMES

PAR

Édouard HECKEL

Docteur ès sciences, Docteur en médecine, Pharmacien de 1re classe,
Professeur-agrégé à l'École Supérieure de pharmacie de Montpellier, Pharmacien en chef
des Hôpitaux de cette ville,
Ex-Pharmacien de la marine nationale, Ex-Professeur suppléant à l'École de médecine
de Nantes,
Membre de la Société botanique de France, de la Société académique
de la Loire-Inférieure, de la Société d'Histoire naturelle de l'Hérault, etc.

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE DE GENÈVE

PARIS
G. MASSON, ÉDITEUR
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
Place de l'École-de-Médecine, 17.

1875

DU

MOUVEMENT VÉGÉTAL

Nouvelles recherches anatomiques et physiologiques

SUR LA MOTILITÉ

DANS QUELQUES ORGANES REPRODUCTEURS DES PHANÉROGAMES

CONSERVATOIRE
BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

Observations sur les poisons toxiques. Montpellier, 1870.

Essai sur la moule commune, au point de vue **Zoologique** et **Toxicologique.** Montpellier, Boehm et Fils, 1866.

Étude au point de vue **Botanique** et **Thérapeutique** sur le *Fontainea Pancheri* (Nobis). Montpellier, Boehm et Fils, 1870, avec 3 pl.

Météorologie de la Nouvelle-Calédonie. (*Dictionnaire encyclopédique des Sciences médicales*, article NOUVELLE-CALÉDONIE.)

Des taches métalliques de la cornée et de leur traitement. (*Journal de Thérapeutique*, 1874, nos 7 et 8, avec figures.)

Histoire médicale et pharmaceutique des nouveaux médicaments introduits en Thérapeutique depuis ces dernières années. Bruxelles, 1874, in-4°.

De quelques phénomènes de localisation minérale et organique dans les tissus animaux, et de leur importance biologique. Paris, Baillière, 1875. (Extrait du *Journal de l'Anatomie de Robin.*)

De l'influence des Solanées vireuses en général et de la Belladone en particulier sur les RÔNGEURS et sur les MARSUPIAUX. (Communication à l'Académie des sciences et à l'Académie de médecine.)

De l'influence du bromure de camphre sur la germination. (Communication à l'Académie des sciences.)

DU
MOUVEMENT VÉGÉTAL

NOUVELLES RECHERCHES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

SUR LA MOTILITÉ

DANS QUELQUES ORGANES REPRODUCTEURS DES PHANÉROGAMES

PAR

Édouard HECKEL

Docteur ès sciences, Docteur en médecine, Pharmacien de 1re classe,
Professeur-agrégé à l'École Supérieure de pharmacie de Montpellier, Pharmacien en chef des Hôpitaux de cette ville,
Ex-Pharmacien de la marine nationale, Ex-Professeur suppléant à l'École de médecine de Nantes,
Membre de la Société botanique de France, de la Société académique de la Loire-Inférieure, de la Société d'Histoire naturelle de l'Hérault, etc.

CONSERVATOIRE BOTANIQUE
VILLE de GENÈVE
LIBRARY NEW YORK BOTANICAL GARDEN

PARIS
G. MASSON, ÉDITEUR
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
Place de l'École-de-Médecine, 17.

1875

MONTPELLIER. — TYPOGRAPHIE BOEHM ET FILS.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

INTRODUCTION

C'est après mûre réflexion que nous avons entrepris ces recherches sur le *Mouvement provoqué* dans les organes reproducteurs des Phanérogames. Dès le début de nos études botaniques, nous avions été frappé de l'abandon, disons plus, du dédain que semblait inspirer de nos jours, aux physiologistes français, cette question cependant pleine d'intérêt, et nous regrettions déjà de voir qu'à la suite de quelques travaux anciens, et peut-être mal dirigés, cette étude hérissée de difficultés, mais d'une importance première, était restée entachée d'une sorte de sentimentalisme peu scientifique qui éloignait les chercheurs. Cette situation précaire influa beaucoup sur notre détermination, lorsque le moment fut venu d'entreprendre un travail, et nos recherches étaient déjà commencées quand les belles études de Cl. Bernard sur l'*Unité dans les deux Règnes* (1872) vinrent nous montrer, comme nous l'avions bien prévu, que nous suivions une voie fertile en résultats. Malgré les conseils dissuasifs de quelques botanistes émérites pleins d'une bienveillance que nous apprécions, nous gardâmes dès-lors à notre sujet une fidélité qui était entretenue, à défaut d'autre excitant plus élevé, par l'espoir de trouver du neuf sur un terrain encombré d'erreurs et d'expériences mal interprétées. Si nous avons can-

tonné nos recherches dans les organes reproducteurs des Phanérogames, c'est que, pour un grand nombre d'entre eux (les femelles surtout), leur étude était toute à faire, et que, en raison de l'acte de la fécondation, elles offraient un attrait tout particulier doublé par la nouveauté du sujet.

Les communications que nous avons, depuis deux ans, adressées simultanément à l'Académie des sciences et à la Société botanique de France sur ce point de physiologie végétale, prouvent au moins que nos prévisions étaient fondées. Elles montrent de plus que les Allemands, malgré leurs prétentions peu justifiées, n'ont pas tout dit sur une question qu'ils s'imaginent avoir conquise, et dont ils revendiquent la propriété avec des arguments trop tudesques. M. P. Bert avait déjà prouvé ce que valaient ces prétentions, en étudiant à nouveau les mouvements de la Sensitive. C'est sur les traces de ce savant et habile physiologiste que nous avons marché, en essayant, d'une part, de mettre en pratique, sur un autre terrain que le sien, les irréprochables méthodes d'investigation qui sont propres à ce Maître ; de l'autre, d'utiliser, comme il l'a fait si heureusement, à titre de réactif délicat, les plantes douées d'irritabilité, en vue d'analyser l'influence de certains agents extérieurs sur les végétaux en général. Nos résultats, sur ce point, sont venus confirmer ceux de M. Bert, en montrant l'identité du phénomène dans tout le règne végétal. Ces modestes études ont eu le sort de celles du savant Professeur de la Sorbonne. Elles ont été critiquées sans mesure, sans bonne foi et surtout sans souci de la dignité scientifique, par des hommes qui croient s'assurer partout la victoire en employant les mêmes moyens : ces attaques inconvenantes, auxquelles nous répondons avec calme, ne constituant pas, à nos yeux, des objections sérieuses, ne nous ont causé ni satisfaction ni souci.

Notre travail se divise en trois parties bien distinctes. Dans la

première, qui est la synthèse des deux autres et qui aurait peut-être gagné à venir en dernier lieu[1], nous traitons la question au point de vue général, en suivant l'évolution des idées sur cette manifestation singulière de la vie dans le règne végétal, et nous le présentons sous l'aspect que commandent nos connaissances actuelles, touchant l'unité vitale dans les deux règnes, c'est-à-dire que nous établissons nettement la division en *mouvement provoqué* et en *mouvement spontané*, comme étant deux phénomènes d'essence différente, ainsi qu'il résulte des études antérieures aux nôtres et des faits que nous signalons nous-même dans la seconde et dans la troisième partie de notre travail. Prenant alors une de ces grandes divisions, nous en formons le chapitre du mouvement provoqué, et nous étudions physiologiquement et anatomiquement les manifestations connues ou inconnues de ce phénomène dans les organes sexuels de quelques phanérogames choisies, soit parmi celles qui sont le plus faciles à se procurer, soit parmi les plantes dans lesquelles l'irritabilité était restée inconnue avant nos recherches. Dans un dernier paragraphe, consacré au *mouvement mixte* (provoqué et spontané), nous établissons les conditions de l'accumulation de ces deux phénomènes. Cette seconde partie de notre travail en est à coup sûr la plus importante et la plus originale ; elle est suivie d'un troisième chapitre qui clôt l'étude par quelques recherches nouvelles sur le *mouvement spontané*, destinées à servir de base aux propositions générales énoncées dans le Chapitre Ier, surtout pour ce qui a trait à la différenciation entre

[1] Dans l'intérêt des faits que nous signalons, il eût été plus utile de considérer la première partie de notre travail comme la déduction naturelle des deux autres, et par conséquent de la placer à la fin de cette étude ; mais, d'un autre côté, on reconnaîtra que la disposition à laquelle nous nous sommes arrêté épargne beaucoup de travail au lecteur, qui embrasse ainsi immédiatement le sujet dans son ensemble, avant d'entrer dans les détails. Entre notre intérêt et celui d'autrui, nous n'avons pas hésité.

ces deux sortes de mouvement. Cette partie est absolument accessoire.

Notre unique prétention étant d'avoir ébauché une bien faible partie de la matière, dans les limites de nos seules forces, et en n'examinant qu'un côté bien restreint de la question du *Mouvement végétal*, nous sentons combien est exigüe la pierre que nous apportons à l'édifice physiologique; cependant telle qu'elle est façonnée, à la lumière de l'observation et de l'expérimentation, nous ne pouvons croire qu'elle reste sans utilité. Comme Hales dans sa *Préface de la Statique des végétaux*, nous pouvons affirmer que nos expériences ont été faites avec soin, et il nous reste à souhaiter d'avoir été «aussi heureux à en tirer les justes conséquences»; enfin, nous dirons en terminant que, si nous n'avons pas l'espérance d'avoir aidé aux progrès de la vérité en planant dans les hautes régions de la pensée (c'est, hélas! le lot du plus petit nombre), du moins il nous reste la confiance de ne pas avoir travaillé en vain, s'il est vrai, comme le dit sir John Lubbok, que «chacun de nous, avec du soin et de la persévérance, est en mesure d'ajouter quelque chose à la somme des connaissances humaines ».

É. Heckel.

PREMIÈRE THÈSE

DU

MOUVEMENT VÉGÉTAL

Nouvelles recherches anatomiques et physiologiques

SUR LA MOTILITÉ

DANS QUELQUES ORGANES REPRODUCTEURS DES PHANÉROGAMES

Par le Dr É. HECKEL

Professeur agrégé à l'École supérieure de Pharmacie de Montpellier

« Le principe de l'unité vitale domine
» l'histoire entière des animaux et des
» végétaux. »

Cl. BERNARD.

CHAPITRE I.

Considérations générales sur le MOUVEMENT VÉGÉTAL[1].

Le mouvement végétal, avec ses formes variées et ses manifestations diverses, constitue en lui-même un phénomène saisissant qui a dû certainement frapper de bonne heure les premiers

[1] Nous croyons bon d'avertir le lecteur que les *Considérations générales* qui vont suivre ne s'appliquent qu'aux phénomènes extérieurs et appréciables à l'œil nu, qui sont sans doute la *résultante* d'un travail interne, mais dont la manifestation tangible se traduit à nos sens par un déplacement d'organe (rameau ou appendice), sous l'influence de forces connues ou inconnues. Encore restreignons-nous le champ de notre action en éloignant complétement les *Cryptogames* de ces considérations. Du mouvement interne, de la gyration cellulaire, il n'en est pas question. Disons encore que, dans tout le cours de cette étude, nous avons employé indistinctement et en vue d'éviter les répétitions, les considérant comme tout à fait synonymes, les mots de *sensibilité* et *d'irritabilité*, mais nous reconnaissons qu'il conviendrait, comme l'indique M. Duchartre, de rejeter le premier et de conserver le second, qui s'applique évidemment beaucoup mieux à une propriété particulière aux végétaux.

observateurs. Plus tard, au réveil de l'esprit d'investigation, il devait d'autant plus s'imposer aux recherches des savants que ceux-ci s'étaient mieux familiarisés avec l'idée philosophique d'une séparation absolue entre les deux règnes organiques. L'immobilité végétale étant une des bases les mieux établies de cette distinction, ces phénomènes devenaient plus attachants en raison même de l'exception singulière et choquante qu'ils venaient apporter à une série de faits en concordance parfaite avec la théorie de la dualité vitale, et leur étude promettait d'être féconde en résultats.

Depuis 1700 jusqu'à nos jours, on peut dire que la solution du problème complexe du mouvement végétal, envisagé de manières diverses, suivant l'état des connaissances générales, n'a pas cessé d'être poursuivie. Chaque génération, satisfaite de ses efforts et convaincue d'avoir trouvé le mot de l'énigme, a laissé à celle qui l'a suivie un héritage qui n'a point satisfait les successeurs; et aujourd'hui, après bien des efforts, après deux siècles d'observations et d'expérimentations non interrompues, la question, pour être avancée, n'est sans doute pas résolue, si l'on en juge par la divergence profonde qui existe entre les diverses hypothèses régnantes.

Jetons un coup d'œil sur la marche progressive des idées touchant ces phénomènes, depuis les temps connus, et nous trouverons, tant dans la variabilité des points de vue auxquels se sont placés les théoriciens que dans la mutabilité des bases sur lesquelles ils ont fait reposer leurs explications, un indice certain de la difficulté même du problème.

Disons tout d'abord que, dans leurs premières observations empiriques, les auteurs ne paraissent pas s'être préoccupés de connaître la cause intime des phénomènes qu'ils envisageaient dans leur ensemble, et qu'en outre ils se contentèrent d'étudier d'une manière toute superficielle. Tout mouvement visible était classé dans le grand fait de la *Motilité des plantes*, et cette manière de voir trop large, en se perpétuant jusqu'à nos jours, n'a pas peu contribué à épaissir les ténèbres dans lesquelles la solu-

tion de cette question est resté plongée. Les premiers observateurs, à l'exemple de Mairan (1720) et Dufay (1736), se contentèrent longtemps d'étudier l'influence des agents cosmiques sur ces phénomènes et ne tirèrent de leurs observations aucune conséquence. Plus tard, les recherches devinrent plus profondes, plus pénétrantes, et avec Lyndsay (1790) et Comparetti (1791) commence la trop longue série des théories du mouvement végétal. En dehors de quelques rares botanistes, au nombre desquels il faut compter, par ordre de date, Lamarck [1], Meyen et Morren [2], qui expliquèrent *à priori* ce mouvement, en ne faisant intervenir que des conditions imaginaires, ne tenant aucun compte des données anatomiques et ne lui reconnaissant enfin qu'une cause purement mécanique, on voit tous les physiologistes poursuivre dans leurs recherches l'organe élémentaire appelé spécialement à l'exécution de la fonction du mouvement. C'est ainsi que, les différents éléments anatomiques vrais ou supposés, à mesure qu'ils se présentaient à l'observation, furent successivement considérés, soit dans leur totalité, soit dans telle de leurs parties, comme possédant spécialement une contractilité qui assimilait, en somme, ces organes aux muscles des animaux. Telle est l'idée dominante qui inspire évidemment les recherches de Link [3], de Comparetti [4] et de beaucoup d'autres chercheurs qui localisèrent la force motile exclusivement dans les faisceaux fibro-vasculaires ; celles de Desfontaines, Treviranus, etc., qui étendirent la contractilité aux cellules parenchymateuses ; de Humboldt, qui émit l'espoir de voir découvrir plus tard les fibres musculaires dans les plantes ; de Leclerc, qui affirma malencontreusement la découverte d'organes spéciaux du mouvement, sous forme de filaments parallèles, entièrement semblables aux muscles des animaux ; enfin de Cohn, qui crut que les cellules

[1] *Encyclopédie méthodique* (Botanique ; Art. *Acacia*, pag. 17, vol. I, 1783).

[2] Recherches sur le mouvement et l'anatomie du *Sparrmannia africana* (Nouveaux Mémoires de l'Académie royale de Bruxelles, tom. XIV, 1847).

[3] *Element. philos. botanic.*, 1824, pag. 422.

[4] *Prodromo di fisica vegetabile.* Padova, 1791.

contractiles des filets des Cynarées pouvaient être comparées aux muscles lisses.

Une idée qui est assez puissante pour se développer à travers des siècles ne peut être stérile ; aussi, malgré la conviction que des généralisations prématurées, des rapprochements malheureux l'ont obscurcie et comme encroûtée d'erreurs regrettables qu'elle avait engendrées elle-même, nous avons pensé qu'elle conservait un germe de vérité qu'il fallait savoir dégager, par les ressources de l'expérimentation, de chaque plante en particulier, sans opinion préconçue.

A partir de Brücke (1848), un grand progrès était réalisé dans l'étude de ces phénomènes. Jusqu'à lui, on croyait que les mouvements répondant à une excitation n'étaient que la règle, et que tous les phénomènes de ce genre avaient en partage une phase spontanée et une phase provocable. Ce physiologiste reconnut le premier la différence qui existe entre les uns et les autres, et il sépara en deux grandes classes ces manifestations vitales : *mouvement spontané* et *mouvement provoqué*. Mais en même temps qu'il faisait cette judicieuse distinction, il en perdait tout le bénéfice en affirmant, pour la Sensitive, que la raison intime des mouvements provocables et périodiques est la même. A partir de ce moment, deux courants opposés allaient se produire : l'un entraînant, avec la plupart des physiologistes allemands, les chercheurs imbus de cette idée d'une cause unique; l'autre, au contraire, tous ceux auxquels la dissociation établie par Brücke paraissait devoir comporter des conséquences plus profondes. Pendant que les premiers, avec Hoffmeister, Sachs et Millardet, admettent sans partage l'influence des forces de tension des cellules et des tissus sur les mouvements, quels qu'ils soient, et ne font intervenir que cette cause dans les deux divisions établies par Brücke, les autres poursuivent leurs recherches avec plus ou moins de succès, s'efforçant de mieux différencier ces deux phénomènes et de séparer dans les organes doués de ces doubles mouvements ce qui appartient à chacune de ces manifestations différentes. C'est dans cet esprit que sont conduits les travaux de Nægeli et Schæwn-

dener [1], et ceux plus importants encore de P. Bert [2], qui le premier a mis en évidence, d'une façon irrécusable, les causes qui nécessitent cette séparation et font de ces deux manifestations (mouvement provoqué et mouvement spontané) deux phénomènes d'essence toute différente, la première n'étant en aucune façon l'exagération de la seconde. Nos recherches nous ont jeté nous-même dans cette voie, et nous croyons fermement que c'est la seule vraie.

De cet antagonisme des théories, le premier résultat fut d'attirer plus particulièrement les esprits vers ces phénomènes (des auteurs allemands en ont fait depuis quelques années le but de leurs études), et de nouvelles recherches récemment venues au jour ont pu étayer une théorie nouvelle en apparence, mais qui n'est au fond que celle de Brücke généralisée.

Pfeffer [3] (c'est l'auteur le plus récent qui ait écrit sur ces phénomènes), après avoir admis comme Brücke la division en mouvements provoqués et spontanés, révoque en doute la réalité des causes de séparation indiquées par P. Bert, et suppose que les organes sensibles se contractent en perdant par irritation une partie de l'eau contenue dans les cellules parenchymateuses; celles-ci, par la même irritation, subiraient une augmentation de la perméabilité de leur membrane cellulaire ou de l'utricule protoplasmique. La tension qui existe dans les tissus voisins turgescents viendrait s'ajouter à cette action pour expulser le liquide qui passerait, soit dans les méats intercellulaires, soit dans les faisceaux fibro-vasculaires : telle est, en peu de mots, la théorie en vigueur qui semble vouloir rallier un grand nombre d'adhérents. Comme on le voit, cette manière d'apprécier [4] les faits, qui peut

[1] *Microscop.*, 1867, pag. 377.

[2] *Mémoires sur les mouvements de la Sensitive*. 1867 et 1872.

[3] Pfeffer; *Physiologische Untersuchungen*. Leipzig, 1873.

[4] Il est à remarquer que l'auteur l'a établie en portant seulement ses études sur le *Mimosa pudica* et sur les étamines des *Synanthérées*, qu'il considère comme deux types auxquels doivent être rattachés tous les autres mouvements provoqués (*Physiolog. Unters.*, pag. 3), quand on se place au point de vue des causes de ce phénomène. Nous espérons bien mettre en évidence, par cette étude, ce que cette

s'appliquer aussi aux mouvements périodiques, reconnaît cependant aux cellules sensibles une propriété particulière permettant aux membranes cellulaires d'expulser leur contenu dans un laps de temps très-court après une action irritante ; l'auteur accorde donc à ces cellules une sensibilité spéciale localisée dans les parois et non dans le protoplasma[1]. Certaines causes extérieures peuvent détruire oususpendre cette propriété et déterminer ce que les physiologistes allemands, appellent avec Sachs, d'une manière trop générale, l'*état de rigidité transitoire*. Ces causes sont nombreuses : entre autres Pfeffer énumère l'*excitation fréquemment répétée* et l'*action du chloroforme*. Nous touchons ici à un point important sur lequel nous devons insister, dans le but d'accentuer les raisons qui militent en faveur de la théorie que nous soutenons et aussi pour mettre en évidence les erreurs d'appréciation (celles de fait seront signalées dans le corps même du travail) sur lesquelles la théorie adverse est édifiée.

P. Bert [2] a découvert deux faits importants dans sa remarquable *Étude sur la Sensitive*. En insensibilisant cette plante au moyen du chloroforme et de l'éther, il a suspendu le mouvement provoqué sans toucher au mouvement spontané, et il a obtenu les mêmes résultats par l'exposition de la plante à l'obscurité absolue. En éclairant d'une façon continue la même plante, il a augmenté l'irritabilité et fait disparaître les mouvements spontanés. Voilà donc autant de *criterium* certains indiqués pour la recon-

généralisation a de trop hâté. Puisque l'auteur a eu l'habileté de choisir, comme il le dit bien, deux plantes irritables propices à ses vues, « *Diese beiden Objecte, welche ich für meine Untersuchungen wählte einmahl weil sie sich factisch von dem zugänglichen reizbaren Pflanzen am bestem für meine Zwecke eigneten..* », il aurait dû aussi rechercher, de bonne foi, si aucune exception ne venait détruire le fondement de sa généralisation, et, alors seulement, ses conclusions seraient devenues absolument acceptables. Pfeffer, du reste, n'a peut-être pas été servi par les mêmes circonstances qui ont placé de nombreuses exceptions dans nos mains. Nous espérons qu'il voudra bien constater, après nous, les faits que nous lui signalerons comme contraires à sa théorie.

[1] *Loc. cit.*, pag. 128.

[2] Recherches sur les mouvements de la Sensitive (*Journal d'anatomie* de Ch. Robin, nº 5, 1867, pag. 549).

naissance tout extérieure de ce phénomène, qui se trouve ainsi séparé nettement d'avec celui qui l'accompagne dans le même végétal. Ces faits très-exacts ont été constatés par nous-même, et quoi qu'en ait pu dire M. Pfeffer, dont les doutes intéressés[1] resteront très-suspects à ceux qui connaissent sa théorie, ils formeront un obstacle sérieux à l'admission de toute hypothèse qui ne leur fait pas la part qui leur convient.

Pour ce qui nous concerne, nous en avons vérifié la réalité dans tous les organes où ces deux mouvements existent séparément, sans rencontrer une seule exception. C'est ainsi que, comme nous le dirons bientôt avec détail, les mouvements ont été arrêtés dans les étamines des *Mahonia*, des *Berberis* et des *Synanthérées*, au moyen de tous les anesthésiques connus ; tandis que, dans le même temps et dans le même milieu, les organes périodiquement mobiles des *Ruta* et des *Saxifrages* ont continué leur évolution comme dans les conditions ordinaires. Il y a là, à notre sens, un fait très-significatif. Certains auteurs ont voulu voir dans les anesthésiques, non pas des agents capables de suspendre une fonction primordiale, mais de simples causes déterminant un état de rigidité transitoire, à l'égal de l'*obscurité*, du *froid*, de la *dessiccation*, du *vide*, etc... Nos expériences ne nous permettent pas d'envisager les faits d'une manière aussi générale. Si l'état de rigidité transitoire paraît, dans certaines conditions, s'appliquer également aux organes irritables et aux organes doués de mouvement spontané, il n'en reste pas moins acquis que les anesthésiques éteignent l'irritabilité sans toucher aux mouvements périodiques spontanés, et que, lorsque les derniers sont complétement arrêtés par ces agents chimiques, c'est toujours à la suite de l'emploi d'une dose plus élevée, et généralement le fait survient presque en même temps qu'un arrêt complet de la vie dans ces organes [2].

[1] *Loc. cit.*, pag. 153 et 154.

[2] C'est en effet ce qui résulte, pour nous, de la mise en expérience de tous les anesthésiques sur le *Mimosa pudica*. Le mouvement provoqué était rapidement suspendu pendant que les oscillations diurnes et nocturnes, si bien décrites par M. Bert, étaient absolument respectées. En forçant les doses de ces substances,

Il n'est pas possible, dans ces conditions, de confondre les anesthésiques avec les substances de l'ordre chimique bien

nous arrivions à suspendre tous les mouvements, mais il se produisait dès-lors des altérations assez profondes pour que le retour de l'irritabilité en fût très retardé (de deux jours quelquefois). Enfin, à un dernier degré d'action (après trois heures de contact des vapeurs anesthésiques) tout mouvement était suspendu sans retour. Les mêmes faits se sont présentés à notre observation quand nous avons étudié l'action comparée des mêmes anesthésiques simultanément sur les étamines irritables des Berbéridées et sur les étamines douées de mouvements périodiques des *Ruta* et des *Saxifraga*. En juin 1873, par 25° C., le mouvement était dans ces derniers organes à son intensité *maximum*. Nous avons placé sous une même cloche deux rameaux fleuris de *Mahonia* et de *Ruta* que nous avons soumis à l'action du chloroforme. Cet agent chimique pur était choisi en vue d'une économie de temps, son action étant identique à celle des autres anesthésiques connus, mais beaucoup plus rapide, ainsi qu'il résulte de nos recherches. L'expérimentation a débuté par l'emploi des doses minimes. La cloche avait une capacité de deux litres, elle renfermait les rameaux baignés dans l'eau et présentait une tubulure par laquelle le liquide anesthésique était versé goutte à goutte sur un verre de montre placé immédiatement au-dessous et à côté des rameaux floraux. Toutes les trois minutes, le chloroforme tombait dans la cloche et la tubulure était bouchée lorsque l'état d'irritabilité des étamines de *Mahonia* avait été constaté par piqûre avec un fil de fer passant dans la tubulure. La sensibilité avait disparu à la douzième goutte (poids = 0gr,88) pour les étamines de *Mahonia*, sans que les mouvements de la *Rue* fussent en rien atteints; ces derniers organes continuèrent à se mouvoir avec la régularité décrite par M. Carlet. Ce fait acquis, nous ajoutâmes 5 gouttes de chloroforme de cinq en cinq minutes, et nous arrivâmes ainsi sans constater ni la mort des *Mahonias* ni l'arrêt des *Rues* jusqu'à la dose de 85 gouttes. A 90 gouttes (poids 1gr, 665), tout mouvement disparut, et il fut impossible de le rappeler dans aucun des deux organes. Jusque-là, des fleurs détachées de *Mahonia* avaient récupéré leur irritabilité par l'exposition en plein air. Cette suspension de mouvement avait été accompagnée d'un changement de couleur (noircissement) des tissus. Mêmes résultats ont été obtenus avec *l'ammoniaque*, qui excite les mouvements des *Berbéridées* sans toucher à ceux des *Rues* et des *Saxifrages*. A une certaine dose (0gr, 90), l'excitation ne se produit plus dans les premières, et les secondes sont arrêtées dans leur ascension périodique. La mort est survenue de part et d'autre simultanément. On voit bien nettement, par ces deux cas tout à fait opposés, que les mêmes agents qui ont action excitante ou atténuante sur le mouvement provoqué ne peuvent éteindre le mouvement spontané qu'en déterminant la mort des tissus, ou bien l'éteignent peu avant la mort. Il y a donc un élément vital qui est atteint quand le *mouvement spontané* a succombé, et le mouvement provoqué, indépendant par lui-même, est atteint bien antérieurement par les anesthésiques.

connues pour produire l'état de rigidité, ou avec les causes tirées de l'ordre physique jouissant de la même propriété.

Pour nous, il est bien évident que, vis-à-vis du mouvement provoqué, les substances anesthésiques jouent le même rôle qu'à l'égard des animaux, et nous ne pouvons partager sur ce point l'opinion de M. Bert, quand il refuse d'admettre entre les deux règnes [1] un rapprochement ayant pour base cette action spéciale des agents suspenseurs de l'irritabilité. Sans vouloir, à l'exemple de Leclerc (de Tours [2]) conclure, de ces faits, à l'existence d'un système nerveux, que l'anatomie ne confirme pas, dans les tissus végétaux irritables, il nous paraît logique d'admettre que les cellules douées de cette propriété singulière présentent une constitution qui les rapproche de celle des animaux inférieurs. Ces êtres cellulaires, quoique dépourvus de nervimotilité, sont en effet très-manifestement contractiles, et cela sans que leur organisation soit plus complexe que dans le règne végétal. M. Bert, en repoussant toute comparaison, tout rapprochement entre la Sensitive et les animaux, a eu surtout en vue les degrés supérieurs de l'échelle animale, si l'on en juge par son argument tiré de l'attitude prise par les organes végétaux mobiles sous l'influence des anesthésiques. Il remarque que l'éther frappe d'immobilité le *Mimosa pudica* dans la situation même où il se trouve (ce qui n'arrive pas chez les animaux), et il fait reposer sur ce fait isolé une différenciation qui n'est pas suffisamment justifiée. Ce n'est pas là, en effet, un phénomène général, car nous devons lui opposer ce qui nous est connu dans les filets des *Berberis*, où l'insensibilité ne peut se produire que dans les organes en position de repos. Le même auteur est, du reste, obligé de reconnaître que les cils vibratiles (et il eût pu ajouter :

[1] *Loc. cit.*, 1er Mémoire, pag. 153 et 155.

[2] *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, 1855, tom. XL, pag. 1224.

[3] Nous devons, sur ce point, faire quelques réserves auxquelles nous sommes conduit par des expériences très-concluantes. Nous avons constaté, à plusieurs reprises, qu'une distinction importante devait être établie, au point de vue de l'action des anesthésiques, dans ce que M. Bert appelle les cils vibratiles des animaux.

les êtres qui en sont pourvus) sont susceptibles d'anesthésie, et dès-lors, le rapprochement qu'il repousse semble s'imposer à son esprit, du moins pour les animaux inférieurs, dont la constitution fort simple comporte la présence des cils vibratiles. Ce point nouveau établi, la généralisation que nous entrevoyons, s'accuse manifestement de plus en plus [1]. Dans ces conditions, en effet, la

Si l'on s'adresse aux cils vibratiles, dont les mouvements sont indépendants de la volonté de l'animal, on constatera, comme nous, que les anesthésiques sont sans effet, et que si le mouvement est quelquefois suspendu, ce fait est attribuable non pas à l'action spéciale de l'agent anesthésique, mais à l'abaissement de température que ces substances très-volatiles déterminent quand elles sont appliquées sur les tissus qui les supportent. Il est bien connu que ces mouvements ne résistent pas à une température au-dessous de 8 à 10° centigr.; or, nous nous sommes convaincu que le chloroforme détermine par son évaporation un abaissement très-rapide de 8° C. et l'éther sulfurique de 9° C.; il en résultera que lorsque la température ambiante sera au-dessous de 16°, le mouvement sera suspendu sans que les anesthésiques interviennent autrement que comme agents frigorifiques. Nous avons affirmé la vérité de cette interprétation en reprenant en été, par les fortes chaleurs de juillet et août 1874 (25 à 30°), les expériences toujours suivies d'anesthésie que nous avions commencées en mars et avril 1873. Dans ces nouvelles conditions, nous n'avons pas pu arrêter le mouvement vibratile dans les branchies de *Moules* et de *Vénus croisée*. Par contre, à quelque époque que nous ayons opéré, nous sommes parvenu à suspendre le mouvement des cils dans les *Vorticelles*, par la simple introduction d'une ou deux gouttes de chloroforme ou d'éther dans la petite auge à observation microscopique où nous les renfermions. Ce mouvement revenait, soit après évaporation de l'éther, soit après avoir ajouté une quantité suffisante de nouvelle eau. On admet que chez les *Infusoires* les mouvements ciliaires sont le plus souvent volontaires, et c'est ce qui nous porterait à reconnaître que les anesthésiques n'atteignent que ceux-là. Du reste, il est bien facile de constater que pendant l'anesthésie d'un Vertébré supérieur, les cils vibratiles des fosses nasales et de la trachée conservent leurs mouvements, quoiqu'ils soient cependant en relation directe, pendant toute la durée de l'expérience, avec les vapeurs de l'agent anesthésique.

Ces faits, outre l'intérêt général qu'ils présentent, nous ont paru avoir leur signification dans les considérations auxquelles nous nous livrons.

[1] Von Hartmann (*Revue scientifique*, n° 27, 4 janvier 1875), dans un article sur *la Conscience dans les plantes*, s'exprime ainsi : «Nous voyons que tous les caractères qui ont été considérés de différents côtés comme pouvant servir de fondement à une distinction essentielle, ne résistent pas à l'épreuve, comme la *locomotion partielle* ou *totale*, le *mouvement spontané*, les *différences morphologiques* ou *chimiques*, etc...» Et plus loin : « Le protoplasme végétal, qui est la véritable cause

preuve anatomique nous ayant été fournie de la contractilité du protoplasma dans quelques-uns des organes mobiles dont nous avons à nous occuper, il nous semble que, si l'on veut se rendre un compte exact des faits dans leur généralité, il convient d'en envisager l'ensemble d'un point plus élevé et de les considérer, les uns (les mouvements provoqués) comme étant des manifestations de ce que Cl. Bernard nomme l'*irritabilité fonctionnelle,* et les autres (les mouvements spontanés) comme placés sous la dépendance de l'*irritabilité nutritive* [1]. La fonction existe ici de toute évidence : de quelque nature qu'elle puisse être et dans quelque organe qu'elle soit localisée, son existence ne peut être niée. Elle trouve son excitant approprié dans l'*attouchement*, la *brûlure*, etc. ;... elle se traduit à l'œil par un mouvement rapide ; enfin, elle peut être suspendue par les anesthésiques. Par toutes ces modalités diverses, elle répond à un type bien connu d'irritabilité fonctionnelle, la *propriété chlorophyllienne*. Nous trouvons dans le rôle que joue cette fonction spéciale, eu égard à la respiration générale, une analogie frappante avec celui qui est dévolu à l'irritabilité protoplasmique dans le mouvement général. L'identité apparaîtra si l'on tient compte de l'influence suspensive des vapeurs mercurielles. Celles-ci arrêtent la respiration chlorophyllienne sans toucher à la respiration générale, qui est un phénomène lié à l'*irritabilité nutritive*, comme les anesthésiques éteignent la contractilité sans toucher au mouvement général. Pouvons-nous admettre que ce mouvement général soit aussi sous la dépen-

du mouvement réflexe, paraît être complétement identique avec le protoplasme des *Protistes* (Hæckel) et des animaux les plus bas : l'effet semblable produit sur les uns et les autres par les excitants les plus divers et les narcotiques en est la preuve.... Il est prouvé d'une manière de plus en plus certaine que la véritable base de la vie dans chaque cellule est le protoplasma, et que le protoplasma de la substance grise des cellules qui produisent la pensée ne diffère pas en substance, mais en degré seulement, du protoplasma des organismes inférieurs ».

M. Ganeau (*Comptes-rendus*, 24 août 1874) attribue la contractilité du protoplasma aux mouvements qu'exécutent certains granules qu'il renferme.

[1] *L'unité vitale dans les deux règnes* (*Revue scientifique*, nº 15, 11 octobre 1873).

dance de l'irritabilité nutritive ? Tout ce que nous savons confirme cette manière de voir. Le mouvement est une conséquence de la vie, partout où elle se manifeste, comme la respiration en est une nécessité générale. Tout tissu doit pouvoir se mouvoir comme il doit respirer, mais le mouvement provoqué indique évidemment une complexion de structure qui exige impérieusement l'intervention d'un organe spécial ou au moins l'acquisition d'une propriété nouvelle qui, jointe à l'irritabilité, permette l'accomplissement de cette fonction. Si l'on veut connaître dans quelles relations de coexistence et de subordination se trouvent, dans le règne végétal, ces deux propriétés, il faut se rapporter aux appréciations du savant Professeur du Collége de France sur l'*Unité vitale*, et on verra combien les données générales sur les deux sortes d'*irritabilités* concordent avec les faits spéciaux auxquels nous en faisons l'application. « La propriété commune, dit M. Claude Bernard, la propriété la plus générale, la propriété essentielle de tout élément anatomique, celle qui peut exister sans toutes les autres et sans laquelle toutes les autres n'existeraient pas, c'est l'*irritabilité nutritive*, c'est la propriété de manifester le double phénomène de composition assimilatrice et de décomposition désassimilatrice.... Tout ce qui touche à l'irritabilité nutritive est commun à la plante et à l'animal, les différences qui apparaissent entre les deux règnes se rattachent exclusivement à l'irritabilité fonctionnelle.... Mais tous les phénomènes d'irritabilité fonctionnelle sont subordonnés à l'existence de l'irritabilité nutritive. Quand la nutrition d'un élément cesse, toutes ses propriétés fonctionnelles disparaissent. C'est de cette manière que nous avons expliqué le phénomène en quelque sorte paradoxal de l'anesthésie des animaux et des végétaux. L'anesthésie des végétaux ne prouve pas du tout, comme certains auteurs ont pu le dire, *que les végétaux sont pourvus d'organes particuliers suppléant les nerfs* ; mais elle montre que les mêmes agents anesthésiques font disparaître l'irritabilité nutritive des tissus, chez les animaux et les végétaux, et par suite l'irritabilité fonctionnelle qui lui est intimement liée. *Toutefois, si l'irritabilité nutritive*

commande l'irritabilité fonctionnelle, il n'en est pas moins vrai que cette dernière peut être atteinte isolément. »

A part les divergences d'appréciations qui résultent forcément de la fusion (encore trop généralement admise) entre toutes les catégories de mouvement végétal, nous voyons que ces considérations, d'un ordre très-élevé, s'adaptent très-harmonieusement aux phénomènes que nous étudions et aux faits que nous avons indiqués. Il faut cependant remarquer qu'ici l'irritabilité fonctionnelle, en exception avec sa manière d'être la plus habituelle, établit un rapprochement de plus entre les deux règnes : nous oserons dire qu'elle accentue l'unité déjà établie par la nécessité du mouvement général lui-même, de quelque nature qu'il soit. On a beaucoup discuté sur cette nécessité du mouvement inhérent à tout ce qui vit, et on a établi une des preuves de la dualité vitale sur la passivité et l'immobilité du végétal. Il est évident que c'est là une caractéristique, mais applicable seulement aux termes élevés des deux séries, car l'irritabilité nutritive doit se traduire extérieurement et par la chaleur et par le mouvement, qui sont des modes équivalents de la manifestation vitale. Si le premier ne se produit qu'exceptionnellement, il faut en chercher la cause dans la nécessité d'un arrangement spécial des cellules et des tissus, qui ne se rencontre pas aussi fréquemment qu'il le faudrait pour sa réalisation. Quelques auteurs ont fait intervenir, comme obstacle à ces manifestations, la rigidité des membranes d'enveloppe et de certains tissus [1] ; cette considération doit avoir certainement un grand poids, mais il faut reconnaître qu'elle ne saurait rendre un compte suffisant de la généralité du fait. Quoi qu'il

[1] Cauvet (*Bulletin de la Société botanique de France*, tom. XVIII, 1871) dit : « La seule différence qui existe entre le plasma des végétaux et la matière incluse dans le sarcolemme, c'est que la première se meut entre des parois rigides le plus souvent, tandis que la seconde, contenue dans des tubes élastiques, peut, en se contractant, amener le raccourcissement de ces tubes. Il existe donc chez les animaux et les végétaux une matière vivante, contractile, qui se montre dépourvue d'une membrane propre chez les êtres les plus inférieurs de ces deux groupes, soit d'une manière transitoire (Myxomycètes), soit d'une manière permanente (Amibes).

en soit, du reste, le mouvement n'est pas un phénomène rare dans les végétaux, et la forme que nous plaçons sous la dépendance de l'*irritabilité fonctionnelle* prend, à mesure que l'observation se porte dans ce sens, une importance plus considérable.

M. P. Bert[1] pense que le mouvement provoqué au contraire est plus répandu dans le règne végétal. « Les autres (les mouvements provoqués), dit cet auteur, semblent beaucoup plus rares, et malgré les faits bien connus relatifs aux mouvements provocables des feuilles, des étamines et des pistils chez un grand nombre de plantes, ils n'en paraissent pas moins constituer une sorte d'exception singulière et presque choquante dans le règne végétal. Je crois cependant que des recherches plus précises montreraient, comme le pensent Hoffmeister et plusieurs physiologistes allemands, que ce phénomène est plus commun qu'on le croit, *qu'il est même tout à fait général*, et que ce qu'on appelle exception n'est qu'une exagération. » Cette manière d'apprécier, que nous ne partageons pas, ne peut, à notre sens, s'appliquer qu'au mouvement spontané. D'après les faits acquis, il est bien évident (et cette conviction résulte de l'ensemble de ce qui a été écrit sur cette matière et de nos recherches) que ce phénomène est la règle générale en biologie végétale, tandis que le mouvement provoqué constitue réellement l'exception. Cette affirmation paraîtra moins surprenante si on considère que le mouvement provoqué constitue (et cela est admis très-généralement), pour les organes qui en sont doués, une supériorité d'organisation qui résulte, pour nous comme pour beaucoup d'auteurs, de la propriété spéciale dont jouit le protoplasma cellulaire : la sensibilité[2]. Si l'on en excepte la théorie déjà bien ébranlée qui reconnaît la même cause aux deux phénomènes et admet les mêmes modifications cellulaires dans l'un comme dans l'autre cas, en établissant un passage factice

[1] *Recherches sur les mouvements de la Sensitive*, deuxième Mémoire, in *Journal de l'anatomie* de Ch. Robin, 1872, nº 2, pag. 201.

[2] Voir Von Hartmann ; *loc. cit.*

entre les mouvements lents et les mouvements rapides par excitation [1], tous les auteurs s'accordent pour placer dans le contenu cellulaire la cause directe ou indirecte du mouvement. Quoique Mohl [2] ait émis l'opinion, partagée par Pfeffer [3], que l'irritabilité est une propriété générale du tissu cellulaire, il faut reconnaître que cette propriété n'est bien accentuée et qu'elle ne constitue une fonction spéciale que dans un petit nombre de plantes. De plus, si l'on considère que jusqu'ici on ne l'a rencontrée que dans les végétaux supérieurs (Dicotylédones polypétales et gamopétales), et que les Monocotylédones en sont absolument privées, on sera forcé de reconnaître que cette complication de structure ne peut pas être générale. Les faits observés confirment du reste cette manière de voir.

Les mouvements provoqués (comme quelques mouvements spontanés) ne s'exercent que sur des organes foliaires purs ou modifiés. Nous les rencontrons, en effet, dans les bourrelets articulaires (pétiole) des feuilles de la *Sensitive*, des *Oxalis* et des *Acacia* [4]; dans les feuilles de la *Dionæa muscipula*, dans les poils foliaires des *Drosera rotundifolia*, dans le calice des *Verbascum* (en particulier *thapsus* et *sinuatum*); dans la corolle de l'*Ypomea sensitiva*, au dire de Turpin [5], et de l'*Amaryllis saltatoria* d'après De Candolle [6]; dans les étamines des *Berberis* et des *Mahonia*, des *Cactus*, des *Sparrmannia* et quelques autres Tiliacées, des *Portulaca* et d'un grand nombre de Synanthérées, enfin dans les lamelles stigmatiques de nombreuses Bignoniacées, Scrophularinées et Sésamées ou dans les accessoires de certains organes femelles (Bru-

[1] M. Baillon, dans sa remarquable thèse d'agrégation (*Du mouvement dans les organes sexuels des végétaux et dans les produits de ces organes*, 1856, pag. 26 et 27), adopte cette manière de voir et s'efforce d'établir par des preuves cette gradation ascendante du mouvement spontané au mouvement provoqué.

[2] *Vegetabilische Zelle*, 1851, pag. 149.

[3] *Physiologische Untersuchungen*, pag. 150.

[4] Pfeffer (*loc. cit.*) dit avoir reconnu cette propriété dans l'*Acacia lophanta*.

[5] Dutrochet ; *Recherches anatomiques et physiologiques*,.... 1824, pag. 64.

[6] *Pflanzenphysiologie übers. von Röper*, 1835, tom. II, pag. 741.

noniacées). Ce dernier groupe d'organes mobiles (étamines et pistils) qui a fixé notre attention et qui fait le sujet de ce travail, présente ce fait singulier qu'il semble être, dans la fleur, le point d'accumulation de l'irritabilité fonctionnelle. Non-seulement, en effet, beaucoup d'organes mâles et femelles possèdent la propriété de se mouvoir après irritation, mais ces mouvements s'exécutent souvent avec une rapidité surprenante. Il est certain que, si l'on suit la progression de cette irritabilité dans les divers organes foliaires, on ne tarde pas à reconnaître que, peu accentuée dans les feuilles proprement dites (sauf le *Mimosa pudica*), elle est presque nulle dans le calice [1], douteuse dans la corolle [2] où les deux cas

[1] Le calice des *Verbascum*, et en particulier du *V. sinuatum*, présente la propriété de se contracter et d'expulser rapidement la corolle gamopétale, quand on a frappé la tige à petits coups secs et répétés. — Nous avons étudié de près ce phénomène, pendant l'été 1873, et nous avons constaté qu'il manque absolument de constance et se montre seulement dans certaines circonstances qui nous ont du reste échappé. Il est indépendant des conditions cosmiques, car nous l'avons vu se produire aussi bien par les plus fortes chaleurs de midi en août et septembre, qu'à six et huit heures du soir. Enfin, il est un fait qui nous fait douter de l'irritabilité de ce mouvement : il n'est influencé par les anesthésiques à aucun degré. En somme, il n'y a là que les apparences du mouvement provoqué, et cette étude demande à être reprise sérieusement, en raison même de la singularité du phénomène.

[2] Nous n'avons rien à dire sur le mouvement de la corolle dans l'*Amaryllis saltatoria* et l'*Ypomea sensitiva*, si ce n'est que les doutes émis par Pfeffer (*loc. cit.*, pag 152) nous paraissent fondés; mais nous nous sommes assuré que la même assertion de Chicoyneau le fils, touchant les pièces corollaires de *l'Helianthemum guttatum*, est inexacte. Cette propriété n'existe pas plus dans la corolle de cette fleur que dans les autres organes semblables des *Cistées*. Cette erreur n'est du reste imputable qu'indirectement à cet auteur, qui dans sa communication lue à la Société royale des sciences de Montpellier, le 22 février 1732, s'exprime ainsi: «Je crois pouvoir ajouter à ce Mémoire (*Réflexions sur le mouvement des étamines des fleurs de l'*Opuntia *et de l'*Helianthemum) que M. de Palmas, Ingénieur du Roi, qui a du goût pour la botanique, a observé que les pétales ou feuilles colorées de l'Helianthemum *flore maculoso columnare* s'affaissent et s'abattent dès qu'on les touche, à peu près de la même manière que ses étamines, ce qui ne nous paraît pas surprenant, puisque personne n'ignore que la structure des étamines est à peu près semblable à celle des pétales, et que les agréables monstres qu'on nomme des fleurs doubles ne sont formées que par les étamines changées en pétales. Je ne doute pas que pour peu qu'on examine avec soin les parties des plantes, on ne dé-

précédemment énoncés demandent confirmation, devient bien manifeste dans les filets des étamines, pour acquérir enfin une intensité remarquable dans les lames stigmatiques et dans le style, parmi les organes femelles. On serait tenté d'admettre que plus la feuille se modifie, plus elle devient capable d'acquérir les conditions de la motilité. Les mêmes observations ne s'appliquent pas au mouvement périodique spontané, qui paraît au contraire être réparti avec égalité dans tous les organes foliaires modifiés ou non, sans qu'il y ait prépondérance de l'un au détriment de l'autre ; parmi les organes reproducteurs cependant, il semble encore caractériser plus volontiers les étamines, dans lesquelles il a été aussi bien et plus souvent observé que dans les feuilles proprement dites.

Après ces considérations générales (peut-être trop écourtées), que le sujet nécessitait absolument, nous allons porter notre attention sur le mouvement provoqué dans les organes reproducteurs, en commençant par les étamines. Nous verrons que ce phénomène, quoique partout identique dans son essence, en tant que manifestation de l'irritabilité fonctionnelle, présente des différenciations profondes qui ne permettent aucune autre généralisation, si ce n'est celles que nous avons établies comme fondamentales.

Parmi les étamines, nous choisirons d'abord les exemples les plus connus et les mieux étudiés offrant les manifestations les plus accentuées, pour terminer par ceux qui, moins connus ou tout à fait inconnus jusqu'à nous, présentent le phénomène dans

couvre dans quelques-unes des mouvements semblables à ceux dont nous venons de parler. » On voit par ces considérations, fort nouvelles pour l'époque où elles étaient produites, que l'élève de S. Vaillant avait profité des leçons de son maître ; mais on constate aussi que la nature ne se prête pas à nos généralisations prématurées, car les prévisions de Chicoyneau ne sont point jusqu'ici réalisées, pas plus pour l'*Helianthemum guttatum*, dont il est ici question, que pour d'autres *Cistées*. Cette plante, très-commune aux environs de Montpellier et surtout dans le bois de Doscare, a été observée là, cette année, en juin, par M. J.-E. Planchon et par nous assez minutieusement pour que l'erreur de Palmas n'ait plus aucune raison de subsister. Nous devons aussi dire que dans tous les cas où nous avons observé des étamines irritables, notre attention s'est portée sur la corolle, et que jamais cette enveloppe florale ne nous a paru douée d'irritabilité.

toute son obscurité et ont exigé par conséquent des efforts plus soutenus pour être étudiés comme nous avons cru devoir le faire. En terminant ce chapitre, nous croyons utile de donner, sous la forme synoptique, le classement des divers mouvements tel qu'il résulte des considérations générales, ainsi résumées, auxquelles nous venons de nous livrer.

Les plantes peuvent être douées : 1° de *mouvement provoqué* ; 2° de *mouvement spontané* ; 3° de *mouvement spontané et provoqué* (mixte).

1° Le *mouvement provoqué* est celui dont la manifestation nécessite l'intervention d'un excitant de nature variable ; il est indépendant des causes cosmiques et disparaît sous l'action des anesthésiques sans que la plante en souffre, pour revenir quand cette influence a cessé de se faire sentir. C'est une manifestation de l'*irritabilité fonctionnelle*.

Cette propriété spéciale, peu répandue, existe en général dans les végétaux élevés en organisation, et particulièrement parmi les Phanérogames, dans les feuilles de *Dionœa*, *Drosera*, dans les organes mâles de quelques *Berbéridées* et des Synanthérées en général; dans les organes femelles de quelques *Stylidiées*, *Scrophularinées*, *Sésamées*, *Bignoniacées*, *Goodéniacées* et *Brunoniacées*.

2° Le *mouvement spontané* est celui qui se produit sous l'influence des seuls excitants, soit cosmiques, soit intérieurs ; il résiste absolument aux anesthésiques, qui ne suspendent le mouvement qu'en altérant les conditions vitales de la plante qui en est douée [1]. C'est une manifestation de l'*irritabilité nutritive*.

Cette propriété générale est assez manifeste dans un grand nombre d'organes foliaires et d'organes reproducteurs mâles ou femelles. Le nombre des faits connus doit s'accroître rapidement si l'observation se porte sur ce point.

[1] Quelques auteurs, entre autres M. Carlet (*in Litteris*), M. G. Roux (*Bulletin de la Société botanique de France*, Revue bibliographique *D.*, 1874, pag. 166) affirment que les anesthésiques ont influencé les mouvements spontanés, le premier dans les *Ruta*, le second dans les *Erodium*. Malgré tous les soins que nous avons mis à refaire nos expériences, nous n'avons pu parvenir au même résultat qu'en troublant l'irritabilité nutritive de la plante. Le mouvement était suspendu, à la vérité, mais il revenait mal ou même pas du tout ; la couleur des organes floraux et fo-

3° Le *mouvement mixte* est la réunion des deux mouvements spontané et provoqué, de manière que chacun d'eux reste indépendant et puisse être séparé de l'autre. On le caractérise par les anesthésiques, qui laissent subsister le *mouvement spontané*.	Il est connu seulement dans les feuilles de *Mimosa* et d'*Acacia*, dans les étamines de quelques *Tiliacées*, *Cistées*, *Cactées* et *Portulacées*; il n'a été constaté jusqu'ici dans aucun organe femelle.

CHAPITRE II.

§ 1er. Du mouvement provoqué dans les étamines des BERBÉRIDÉES.

Au premier rang des organes reproducteurs mâles doués d'irritabilité, se placent ceux des Berbéridées. Dans cette famille nombreuse, on n'a constaté jusqu'ici le mouvement que dans les seuls genres *Berberis* et *Mahonia* ; nos recherches personnelles dans les autres groupes de cette famille ne nous ont rien montré de semblable à ce que nous allons décrire dans ces deux genres.

Ce phénomène est connu depuis longtemps. Après les observations empiriques de Mairan (1720) et de Dufay (1736) sur la *Sensitive*, après les constatations du même genre de S. Vaillant (1717)[1] et de son élève Chicoyneau (1732)[2] sur les *Cactus opuntia* et sur les *Cistus helianthemum*, on peut dire que cette forme du mouvement provoqué est une des premières qui ait attiré

liaires était changée, et il fallait, pour arriver à ces désordres, des doses considérables, massives, du même anesthésique, qui, employé contre le mouvement provoqué, agissait très-rapidement et en faible quantité. Toutes ces conditions, qui ne sont plus physiologiques, nous portent à affirmer que le mouvement spontané n'est pas *justiciable* des anesthésiques.

[1] Voyez les tables chronologiques de Medikus (*Essai sur les mouvements et l'irritabilité des étamines et des pistils*, 1803) indiquant cette observation chez les *Cactus opuntia* et *Cistus helianthemum*.

[2] Pour les détails sur les faits découverts par Chicoyneau, voir à la fin du § III, *Mouvement mixte* (spontané et provoqué), l'historique du mouvement dans les étamines des Cistées.

l'attention des observateurs dès le commencement du siècle dernier. C'est à Linné et à Duhamel du Monceau que revient, sans conteste, l'honneur d'avoir découvert l'irritabilité des étamines des Berbéridées. Le premier de ces deux botanistes signala le fait d'un mot seulement dans la deuxième édition de sa *Flora suecica*[1]; le second fut plus explicite dans son *Traité des arbres*[2]. «La fleur de l'Épine-vinette, dit-il, a une singularité remarquable : lorsqu'on touche avec un stylet le *pédicule* de ses étamines, elles se replient et viennent gagner le pistil, souvent même elles entraînent avec elles les pétales, et la fleur se referme.» En 1765, un savant italien, le comte Battista del Covolo[3], dont nous aurons à faire connaître les remarquables travaux surtout lorsqu'il s'agira du mouvement des étamines des Cynarées, répéta les expériences publiées à la même époque par Linné et Duhamel, et remarqua que les étamines de *Berberis*, même séparées de la fleur, jouissent encore de cette propriété singulière de se mouvoir sous l'influence du contact. Gmelin[4] avançait, à la même époque, que cette irritabilité se montre, pour cette fleur comme pour toutes les autres, dans les boutons prêts à s'épanouir, ou dans les fleurs fraîchement écloses, pour diminuer ensuite à mesure que la fleur vieillit : nous verrons combien peu précises devaient être les observations qui avaient donné lieu à cette double assertion.

Kœlreuter[5], en 1772, commença une série d'expériences méthodiques sur ce sujet intéressant et les publia en 1788 et 1790. C'est à cet habile botaniste que sont dus les détails les plus circonstanciés sur ce phénomène, qu'il décrivit avec le plus grand

[1] *Flora suecica exhibens plantas per regnum Sueciæ crescentes*, etc,.... Lugd. Batav., apud Salvius, 1755, pag. 98.

[2] *Traité des arbres et des arbustes qui se cultivent en France*. Paris, Guérin et Delatour, 1755, pag. 97.

[3] *Discorso della irritabilita d'alcuni fiori nuovamente scorperta*. Fiorenza. 1764, pag. 15.

[4] *Irritab. vegetabil. in singulis plantarum partibus explorata*. Tübingen, 1768.

[5] *Nov. act. Acad. Scientiarum Petropol.*, tom. VI, 1870.

soin, en étudiant les diverses conditions qui peuvent ou le faire naître ou en entraver la marche. Le premier, il reconnut le point du filet où l'irritabilité semble le plus accentuée, et, dans des expériences qui furent rendues publiques, en 1788, il montra que la plupart des modes d'irritation portés à un degré suffisant déterminent le mouvement; il confirma de plus les données de Covolo, en prouvant que l'étamine continue à se mouvoir même après l'enlèvement de toutes les autres parties de la fleur. Enfin, il fit voir que ces mouvements ne se produisent jamais sans l'influence d'une cause extérieure qui, normalement, se trouve le plus souvent dans l'irritation déterminée par les insectes attirés au milieu de la fleur par les nectaires. Nous verrons que cette vérité importante devait passer à peu près inaperçue, ou tout au moins rester ignorée des observateurs qui suivirent.

En 1782, Desfontaines[1] dans son long Mémoire, où il confond, comme tous les auteurs jusqu'à Brücke (1848). les mouvements provoqués et spontanés, place dans un chapitre à part, et sans les décrire, ceux qui avaient été observés avant lui sur l'*Épine-vinette*, les *Opuntia* et les *Helianthemum*, témoignant ainsi de la connaissance des recherches de Linné et de S. Vaillant. C'est le premier travail d'ensemble dans lequel il soit fait mention des cas spéciaux dont nous nous occupons, et toutefois l'auteur ajoute à tort que ces mouvements, « quoiqu'ils puissent être accélérés à volonté avec la pointe d'une épingle, sont de même nature que les autres» (mouvements spontanés). Il cite de ces derniers un grand nombre d'exemples.

Nous voyons déjà manifestement ici la trace de l'oubli dont nous nous plaignons. Desfontaines, admettant que les mouvements staminaux de l'Épine-vinette pouvaient être accélérés, supposait évidemment que le phénomène devait commencer à se produire spontanément en dehors de toute excitation directe.

[1] *Sur l'irritabilité des organes sexuels d'un grand nombre de plantes* (Mémoires pour l'Académie des sciences de Paris, 1782 ; et *Encyclopédie méthodique* : Botanique, Art. *Irritabilité*, 1789).

En 1793, Conrad Sprengel[1] décrit quelques mouvements connus et inconnus des végétaux ; il indique ceux des *Berberis*, mais sans rien y ajouter de nouveau.

Quelques années avant (1786), J. Edward Smith[2] avait repris le sujet, et, sans avoir eu connaissance des faits observés par Kœlreuter, il arriva à peu près aux mêmes résultats que lui, mais en ajoutant toutefois aux observations de ce dernier une assertion qui ne s'est pas confirmée et que nous avons reconnue entachée d'erreur, quoiqu'elle ait été répétée depuis par tous les botanistes qui se sont occupés de la question. Ainsi que Covolo, cet auteur avait constaté la persistance de l'irritabilité dans les étamines détachées de la fleur ; il ajouta que les fleurs plongées dans l'eau gardent bien cette irritabilité, faits qui sont rigoureusement vrais, mais il affirma qu'*à tout âge, aussi bien avant qu'après la fécondation, elles sont pourvues de cette propriété*, ce qui n'est plus aussi exact, comme nous le verrons bientôt.

Schmitt ne se borna pas à répéter ces erreurs, il en ajouta bien d'autres que nous aurons à relater, et entre lesquelles nous relevons immédiatement la plus capitale. « Lorsque, après avoir coupé les stigmates des *Berberis*, dit-il, on irrite les étamines, celles-ci ne rencontrant pas d'obstacles se recourbent tout à fait de l'autre côté de la fleur ». Cette erreur, que Gœppert a reconnue le premier, est tout à fait inexplicable.

En 1746, paraissait, sous le titre alors fort alléchant de *Sponsalia Plantarum*, une étude de Wahlbom[3] dans laquelle les mouvements de quelques organes floraux sont indiqués sans qu'il y soit question des faits dont nous suivons ici la connaissance progressive. Il est étrange que les observations de Linné sur les *Berberis* ne soient pas relatées dans un travail que le Maître avait

[1] *Das entdecke Geheimniss der Natur im Bau und in der Befrüchtung der Blumen*, 1 vol. in-4°. Berlin, 1793.

[2] *Some observations on the irritability of Vegetables* (*Philosophical transactions*, vol. 78, pag 158 à 165).

[3] *Amœnitates academicæ*, tom. I, pag. 335 et suivantes.

probablement inspiré et qui, en tout cas, est inséré dans une publication que l'illustre Suédois dirigeait.

Schkuhr[1] confirma toutes les assertions justes ou fausses de ses devanciers, sans y rien ajouter ni retrancher. De Humboldt[2], abandonnant la voie des simples observations, appliqua le premier l'action de l'électricité statique, mais sur les étamines déjà irritées, et arriva à cette assertion, évidemment trop générale, qu'après avoir subi l'influence électrique, les étamines se redressent, mais ont perdu le pouvoir d'être irritées désormais. — Rafn, suivant la voie ouverte, employa le galvanisme, mais sans pouvoir dire avec certitude si cette action fut accompagnée d'un résultat.

J.-W. Ritter[3] fit remarquer qu'en touchant ces organes avec des liquides même énergiques, tels que l'*alcool*, la *teinture d'opium*, il ne put produire la contraction; mais, lorsqu'il faisait tomber d'une hauteur peu considérable de la poudre d'étain très-fine, les étamines touchées entraient aussitôt en activité. A côté de ces faits, vrais quoique peu importants, il se glisse une grossière erreur, en contradiction avec les justes observations de Kœlreuter: Ritter veut en effet que les fleurs s'approchent du stigmate pendant la nuit, entraînées par la position nocturne des pièces de la corolle. Il appliqua aussi l'électricité, mais sans tirer de ses expériences des conséquences ayant quelque intérêt.

Nasse[4], quatre ans après, porta particulièrement son attention sur l'action de l'électricité, et reconnut que les étamines sont frappées de mouvement par le galvanisme lorsque l'intérieur du pédoncule est mis en contact avec le pôle positif d'une pile assez forte, tandis que le pôle négatif touche l'extrémité du pétale qui regarde le stigmate. Treviranus, d'après Gœppert[5],

[1] *Botanisches Handbuch*, 1789.

[2] *Ueber die Gereizte Muskel und Nervenfaser*, tom. II, pag. 193, 1799.

[3] *Gehlen's Journal für Phys. und Chem.*, vol. 6, pag. 460, 1808.

[4] *Versuche ueber den Einflus der Electricität auf die Staubfäden der* Berberis vulgaris (*Gilberts Annalen*, tom. XLI, 1812).

[5] *Sur l'irritabilité du filet des étamines du* Berberis vulgaris (*Annales des Sc. naturelles*, 1re série, tom. XV, pag. 69; et *Linnæa*, 1828).

en conclut (très-gratuitement) que l'organe possède l'électricité positive. L'observation et la conclusion nous ont paru également erronées. Le même auteur étudia l'action de la chaleur sur ces organes et sur d'autres similaires également irritables, et arriva à des résultats intéressants, en ce sens qu'il détermina avec assez d'exactitude, quoique en employant des moyens grossiers, les températures entre lesquelles le phénomène se produit avec ou sans retour de l'irritabilité ; enfin, il fit intervenir dans son expérimentation l'action de certains agents chimiques (eau chargée de *chlorure de sodium*, *éther sulfurique*), et inaugura ainsi de nouveaux moyens de recherches qui, entre d'autres mains, devaient être fertiles en résultats.

Des observations de Koch et Mertens [1], qui refusèrent à ces étamines tout autre mouvement que la déhiscence élastique des anthères, nous n'en parlerons pas. Ces observateurs prirent, pour la règle générale, une exception que nous aurons à signaler en temps utile. Dans certaines conditions, en effet, l'irritabilité est suspendue momentanément.

En 1824 parut le grand travail de Dutrochet [2] sur la structure intime des animaux et des végétaux : l'auteur, tout préoccupé de reconnaître une cause animale aux mouvements de la *Sensitive*, laisse complétement dans l'ombre les phénomènes qui nous occupent et se borne à les signaler en les classant à côté de quelques *mouvements spontanés* qu'il considère comme le résultat de l'*incurvation simple oscillatoire*. Enfin, Gœppert (*loc. cit.*), à qui nous empruntons, en les rectifiant, quelques notes sur l'histoire de ce mouvement, publia en 1828 le dernier et seul travail spécial qui ait paru sur l'irritabilité du *Berberis vulgaris* [3].

[1] *Flore d'Allemagne*, 2e vol. pag. 603.

[2] *Recherches anatomiques et physiologiques sur la structure intime des animaux et des végétaux et sur leur motilité*. Paris, J.-B. Baillière, 1824.

[3] Les auteurs modernes, toujours préoccupés de la *Sensitive*, dont les mouvements typiques se prêtent mieux à l'observation, ont négligé cette étude, les uns par manque de temps sans doute, les autres convaincus (et de ce nombre il faut citer surtout Pfeffer) que ces phénomènes devaient être, comme bien d'autres, con-

Dans cette étude, naturellement plus complète que toutes celles qui s'étaient produites jusque-là, l'auteur signale beaucoup de faits nouveaux et prend le soin de contrôler ceux qu'avaient avancés ses devanciers; mais, comme ces derniers, il s'abstient entièrement de donner une explication quelconque de ces phénomènes. C'est ainsi qu'il reconnaît qu'on peut déterminer le mouvement staminal en soufflant avec force sur le *point d'élection*, et il ajoute que, l'irritabilité étant mise en jeu, il faut tout au plus cinq minutes de repos pour qu'une nouvelle excitation soit suivie d'un nouveau mouvement. Cette assertion, comme nous le dirons, est trop précise : l'observation variée prouve que l'irritabilité n'est pas soumise, sur ce point, à des règles aussi fixes. Gœppert s'est surtout occupé, peut-être trop longuement même, de l'action des divers agents chimiques sur cette irritabilité, et en cela il imita l'exémple de Nasse ; mais si l'on considère que cette expérimentation souvent décousue devait aboutir à la reconnaissance de l'action des anesthésiques sur ce phénomène, et par conséquent amener la découverte de la caractéristique la plus nette de ce mouvement, on ne pourra méconnaître son utilité. Gœppert reconnut, en outre, le pouvoir suspensif de l'irritabilité [1] à d'autres produits dans lesquels nous n'avons pu (notamment pour le camphre) confirmer cette propriété. Enfin, moins heureux dans l'expérimentation des agents de l'ordre physique, il affirme que la lumière est sans action sur la conservation de l'irritabilité staminale.

Malgré les résultats de ces diverses études et en particulier de la dernière, Vaucher [2] (1841) écrivait au sujet des *Berberis* : « Le phé-

fondus dans leur cause avec ceux de la Sensitive. Ces raisons nous ont conduit à faire de ce sujet une étude toute particulière et aussi approfondie que possible : il fallait absolument savoir si cette généralisation de cause répond à la réalité des faits.

[1] Dans ce nombre nous distinguons : l'*alcool à 80°*; les *éthers acétique*, *sulfurique*, *chlorhydrique* et *nitrique* ; différentes *huiles essentielles* et le *sulfure de carbone*. Nous verrons bientôt ce qu'il faut penser des propriétés anesthésiques de quelques-unes de ces substances.

[2] *Histoire physiologique des plantes*, tom. I, pag. 103. 1841.

nomène le plus remarquable dans les espèces de ce genre, c'est l'irritabilité de leurs étamines, qui au moment où elles vont répandre leur poussière s'approchent du pistil *par un mouvement spontané* qu'on peut produire aussi en les touchant à la base ou même en pressant les téguments floraux. La cause de ce singulier phénomène, qui a occupé plusieurs botanistes, tient à une organisation délicate que nous ne pouvons pas facilement saisir, mais dont le but est de favoriser la fécondation que les insectes et les mouches assurent aussi en venant sucer le miel des glandes nectarifères. *L'organe ou la glande irritable est située à la base intérieure* du filet, qui après son mouvement d'approche reprend ensuite lentement sa place.....» Nous avons souligné intentionnellement les parties de cette description qui, quoique copiées, au dire de l'auteur, dans Gœppert, sont entachées d'erreurs non attribuables à ce dernier physiologiste et dont la reproduction fut fréquente dans la suite.

Pour terminer cette longue revue des faits (elle nous a paru, à divers points de vue, intéressante à établir), il nous reste à signaler les travaux relativement récents de Unger [1], qui n'a effleuré que superficiellement la question, et surtout de Kabsch [2], qui a traité le sujet avec des détails que nous aurons à relever dans le cours de cette étude. Ces deux auteurs, comme Hoffmeister [3], s'attachèrent à reconnaître la cause intime de ces phénomènes, et on peut dire que tout ce qui est acquis aujourd'hui, ou à peu près, sur ce point, est dû à leurs recherches. Récemment enfin (1873) Pfeffer [4], dans une addition à ses études sur les mouvements de la *Sensitive*, de l'*Oxalis acetosella* et des Synanthérées, touche très-incidemment au phénomène que présentent les étamines du *Berberis vulgaris*, et, sans fournir aucune preuve sé-

[1] *Anatomie und Physiologie*, 1855. pag. 419.

[2] *Anatomische und physiologische Beobachtungen ueber die Reizbarkeit der Geschlechtsorgane.* (*Botanische Zeitung*, 1861, nos 54 et 55).

[3] *Pflanzenzelle.* pag. 305.

[4] *Physiologische Untersuchungen*, pag. 157.

rieuse à l'appui de son dire, conclut à l'identité de cause entre ce mouvement et celui des articulations du *Mimosa pudica*.

Nos recherches ont porté sur plusieurs espèces de *Berberis* et de *Mahonia*. Pour l'une d'elles, la plus importante et la plus utile par la taille de ses filets staminaux, il ne nous est pas possible de donner le nom spécifique [1]; les autres sont les *Berberis vulgaris* (L.) et *Darwinii* (?). Quant aux *Mahonia*, ce sont les espèces *aquifolium* (Nutt.) et *fascicularis* (DC.) qui nous ont servi. Du reste, sauf pour ce qui a trait aux dimensions des organes, tout ce que nous dirons de général s'applique aux deux genres : les différences seront indiquées en leur lieu.

Tous ces organes mâles, quoi qu'en ait pu dire J.-W. Ritter, qui n'a jamais été assez démenti, ne sont doués que de mouvement provoqué ; ils ne présentent aucun mouvement nocturne et ne se déplacent jamais sans irritation directe. Pour avoir une juste notion du phénomène, observons ce qui se passe dans une fleur de *Mahonia* ou de *Berberis* qui s'épanouit. Dès que les pièces florales colorées réunies en bouton se sont disjointes pour laisser entre elles un petit espace libre, mais jamais avant, les filets des étamines commencent à être doués d'irritabilité. M. Baillon a observé ce fait comme nous, et l'a consigné dans sa remarquable thèse d'agrégation [2]. On peut facilement reconnaître le moment où cette propriété devient acquise au filet, car elle s'annonce par un changement de couleur de l'épiderme qui recouvre cet organe : de jaune verdâtre pâle qu'il était, le filet devient jaune d'or. Ce changement coïncide avec le plus complet développement de l'étamine ; le phénomène qui nous occupe n'a donc rien de commun avec celui qui caractérise les organes en voie d'accroissement, ce qu'on pourrait croire si on admettait l'assertion déjà relatée de certains auteurs qui croient que les filets sont irritables

[1] Ces fleurs nous ont été données par M. J.-E. Planchon, qui possède un pied de cette espèce indéterminée dans son jardin ; elle lui vient de l'établissement horticole appartenant à M. Mazelle, à Anduze (Gard).

[2] *Des mouvements dans les organes sexuels des végétaux et dans les produits de ces organes*, 1856, pag. 31.

à tout âge. A mesure que les pièces florales s'épanouissent, les anthères, jusque-là redressées contre le pistil, s'abattent doucement dans les pétales, dont elles suivent le mouvement, et là, elles demeurent irritables, qu'elles soient ou non mises en mouvement, jusqu'au moment où elles sont manifestement flétries. Comme M. Baillon (*loc. cit.*), nous avons vu, en effet, l'irritabilité persister alors même que les loges sont vides de leur pollen et qu'un commencement de flétrissure se remarque dans les anthères. Les étamines étant dans cette situation, si l'on vient à toucher très-légèrement le filet dans une partie de sa face interne (côté concave) comprise transversalement sur une coupe de l'organe, entre les points de la flèche *a* (Pl. I, *fig.* 4) et longitudinalement entre les points *a* et *b* (Pl. I, *fig.* 1 et 2), on est assuré de déterminer le mouvement [1] qui consiste en une courbure de l'organe telle que les anthères, jusque-là fermées, sont ouvertes par cette première contraction [2] et viennent appliquer leurs fenêtres immédiatement au-dessous du bord stigmatique pour les *Berberis* (Pl. I, *fig.* 3), et au-dessus de cet organe glanduleux pour les *Mahonia* (Pl. I, *fig.* 3 *bis*). Dans cet acte de projection, la poussière fécondante se trouve lancée sur l'organe femelle. Ces points établis, nous avons à nous poser deux questions qui ont vivement préoccupé de tout temps les chercheurs, qui ne paraissent pas résolues encore, et dont la solution a donné lieu, on ne comprend vraiment pas pourquoi, aux plus singulières méprises. Dans quel point particulier s'exerce ce mouvement [3]? Y a-t-il une portion pri-

[1] Unger et Kabsch (*loc. cit.*) avaient bien limité cet espace en disant que toute la concavité du filet, excepté une partie saillante placée immédiatement au-dessous des anthères, est douée d'irritabilité.

[2] Conrad Sprengel (*loc. cit.*) avait entrevu la coïncidence de la déhiscence des anthères avec le premier mouvement; il dit en effet : « Au moment de la floraison, les anthères ne sont pas encore ouvertes, cet état dure peu, car *bientôt les anthères sont déjetées et s'ouvrent.....* » C'est le seul auteur ancien qui ait indiqué ce fait, et les modernes ne l'ont pas rappelé. Nous avons constaté que dans les fleurs conservées à l'abri de toute irritation (température = 15 à 18° centigr.), la déhiscence se produit, mais deux ou trois jours plus tard que chez les mêmes organes qui ont subi l'irritation.

[3] Sennebier (*Physiologie végétale*, 1788, pag. 8) s'exprime ainsi à ce sujet, dans

vilégiée du filet concave où l'irritabilité soit plus accentuée que sur les autres [1]? A la première question, nous répondrons amplement en traitant la partie physiologique du mouvement, et nous nous bornerons à dire ici que l'opinion de Hoffmeister [2], qui veut, avec quelques physiologistes antérieurs à lui, que le mouvement se passe *seulement dans une zône épaisse de tissu qui se trouve au-dessus du point d'insertion de l'organe*, n'est pas admissible. En réalité, le mouvement n'est pas localisé; il résulte d'une action simultanée et combinée de toutes les cellules qui composent le tissu parenchymateux sensible. Pour ce qui concerne la seconde question, Kœlreuter (*loc. cit.*), Vaucher (*loc. cit.*) avaient admis l'existence de points d'irritabilité plus accentuée, et Kabsch (*loc. cit.*) alla plus loin encore en localisant la propriété dans de prétendues cellules papilleuses dont le filet se recouvrirait au moment de la fécondation. Ces assertions diverses constituent autant d'erreurs, dont la dernière est assurément la plus grossière : des expériences très-multipliées nous ont montré que tous les points du filet sont sensibles à un égal degré à peu près. Nous avons bien constaté, il faut le reconnaître, une différence de sensibilité à la faveur du point de courbure avoisinant l'arti-

un chapitre très-intéressant touchant l'irritabilité des plantes : « On n'a pas prouvé que le mouvement des étamines (*Berberis*) fût accompagné de la contraction du filet; c'est cependant la première preuve qu'il fallait donner pour constater leur irritabilité. On ne sait pas même bien *quelle est la partie du filet qui est irritable, et si c'est seulement leur base*, comme Smith a eu l'adresse de le découvrir.»

[1] Auguste de Saint-Hilaire (*Leçons de botanique*, 1847, pag. 573) dit : « Les étamines abritées par les pétales se tiennent d'abord à quelque distance de l'ovaire; mais, qu'un insecte cherchant le nectar *touche la base de l'une d'elles*, elle se contracte..., etc... De Candolle (1832) écrivait (*Physiologie végétale*, pag. 518 et 868) : « Ainsi on peut, avec la pointe d'une aiguille, déterminer un mouvement subit en *irritant la base interne* des étamines de l'*Épine-vinette*... Ces étamines se déjettent sur le pistil à la maturité : l'*excitation de l'aiguille les force à exécuter ce mouvement plus rapidement et plus souvent qu'à l'ordinaire*.» Comme on le voit, il y a dans cette courte description deux inexactitudes à relever. — J. Sachs (*Traité de botanique*, trad. Van Tieghem, pag. 1032) reproduit la même erreur en disant aussi qu'il faut toucher la *base interne* des étamines pour produire le mouvement.

[2] *Pflanzenzelle*, pag. 305.

culation de l'organe, mais l'irritation produit toujours son effet dès qu'elle porte sur les parties que nous avons indiquées comme sensibles. Quant à la face dorsale du filet, on n'en peut point douter, elle est complétement insensible. Cette surface, non irritable, est indiquée par la flèche *b* (Pl. I, *fig.* 4), et il est facile de constater qu'elle est bien moins considérable, comme étendue, que la partie sensible (flèche *a*). Ces deux courbes, de rayon inégal, sont séparées à leur point de jonction par une crête légère qui règne des deux côtés du filet et sur toute sa longueur, aux points *c* et *c'* (Pl. I, *fig.* 4). Une question qu'il nous a semblé intéressant de résoudre, est celle-ci : Existe-t-il, dans la structure de l'épiderme de ces deux faces, une différence sensible, comme le voulait Kabsch, par exemple? Ce fait, *à priori* vraisemblable, n'est pas l'expression de la vérité. Dans la *fig.* 5 (Pl. I), représentant un lambeau épidermique de *Berberis vulgaris* appartenant mi-partie à la face convexe et mi-partie à la face concave, la portion *a* (face insensible) présente des cellules plus allongées et plus étroites que celles de la portion *b*, qui sont larges et courtes. Cette différence sans valeur se retrouve dans tous les *Mahonia*, comme l'indique la *fig.* 6 de la Pl. II, et l'on s'explique facilement cette disposition anatomique spéciale, si l'on considère que, l'épiderme de la face convexe étant plus souvent soumis à une traction, ses cellules ont gagné en longueur ce que celles de la face concave, fréquemment contractées, ont perdu dans ce sens. Cette modification, liée à la fonction mécanique, est peu sensible dans l'organe jeune et s'accentue à mesure qu'il vieillit.

Quant aux papilles, dont Kabsch indiquait l'existence à la base des filets, elles se réduisent à des cellules épidermiques légèrement papilleuses qu'on rencontre, à la vérité, mais seulement, dans les étamines de *Mahonia*, au-dessus des deux appendices latéraux placés à la partie supérieure des filets, et dans les étamines de *Berberis* sur cette partie bosselée qui règne immédiatement au-dessous des anthères : or nous savons que ce sont là justement les seules portions de l'organe qui ne soient pas douées d'irritabilité.

L'épiderme, fortement cuticulé et très-élastique, est dépourvu de stomates. Cette particularité nous a frappé ; il faut la rapprocher de la même observation due à M. Bert[1] pour ce qui concerne les renflements moteurs du *Mimosa pudica*, et du même fait que nous avons constaté sur tous les épidermes des étamines sensibles. Il y a là probablement une relation de cause à effet qui, pour n'être pas expliquée jusqu'ici, n'en reste pas moins singulière et demande à être étudiée. Du reste, cet épiderme tel qu'il est ne paraît jouer aucun rôle dans le mouvement de l'étamine, même sur la face concave de cet organe. Nous nous sommes assuré que sa présence n'était nécessaire ni à la transmission, ni à la conservation de l'irritabilité. Après avoir enlevé, avec un instrument bien acéré, ce revêtement sur l'une ou l'autre face, nous avons vu que l'organe reprenait sa position de repos, et qu'alors, dans les conditions précédemment exposées, le mouvement pouvait être produit par l'irritation portée directement sur les tissus sensibles dénudés. Toutefois, l'excitation avec la pointe de l'aiguille avait besoin d'être un peu plus profonde, pour se manifester avec la même rapidité que dans l'organe non lésé, ce qui est vraisemblablement attribuable aux conditions non physiologiques dans lesquelles est placé l'organe ainsi dépouillé. Quoi qu'il en soit, ce n'est donc pas dans l'épiderme seulement, mais bien dans chaque cellule parenchymateuse, que résident la contractilité et la sensibilité.

Pour compléter en peu de mots ce qui a trait à l'anatomie de l'organe qui nous occupe, nous aurons à dire seulement que tout le tissu placé entre les deux feuillets de l'épiderme est formé de cellules parenchymateuses d'une structure spéciale (elles nous occuperont d'une manière particulière), de forme cylindrique, à peu près trois fois plus longues que larges dans l'état de repos, et en parfaite continuité avec elles-mêmes dans toute l'étendue du tissu, si ce n'est toutefois au centre même de l'organe où se trouve un

[1] *Loc. cit*, 1er Mémoire, in *Journal de l'anatomie* de Ch. Robin, 1867 nº 5, pag. 534.

faisceau vasculaire très-délié[1]. Pfeffer a affirmé[2] qu'il existe entre les cellules, non pas des chambres à air, comme dans les filets des Cynarées, mais une *substance intercellulaire dont la remarquable élasticité est suffisante pour la rendre capable de recevoir l'eau qui s'échapperait des cellules à la suite d'une irritation.* Nous n'avons pu, malgré tous nos soins, retrouver la trace de cette substance intercellulaire, au sujet de laquelle l'inventeur est sobre de détails[3]. Nous craignons beaucoup que, dans son zèle à étendre la théorie de l'expulsion des liquides cellulaires, l'auteur ne se soit laissé entraîner à voir une disposition que, par suite de ses idées préconçues, il devait désirer rencontrer dans un organe qui lui présentait dans sa constitution anatomique une exception difficile à concilier avec les généralisations prématurées établies sur les faits que présente le mouvement des *Mimosa* et des Synanthérées.

Pour nous rendre exactement compte des phénomènes qui se produisent dans l'intimité des tissus irritables des *Berbéridées*, nous avons pensé qu'un moyen simple serait de pouvoir observer une tranche assez mince de ces organes, avant et après l'irritation. Nous savions, par les expériences déjà relatées de Gœppert, de MM. Baillon et S. Jourdain[4], qu'il est facile d'anesthésier ces

[1] Nous devons dire incidemment ici que l'anatomie des filets de *Berberis* et *Mahonia* confirme l'assertion de M. A. Chatin, relative à l'absence générale dans cet organe des cellules fibreuses qui se rencontrent dans le tissu de l'anthère. Le savant Professeur de Paris dit dans ses remarquables recherches sur l'*Anthère* (Paris, 1870, pag. 57) : « Quant à la masse parenchymateuse entourant le système fibro-vasculaire, elle diffère par ce point important des tissus correspondants du connectif, qu'elle ne m'a jamais présenté ses utricules transformées en cellules à filets.» Il est bien admissible que si une exception à cette règle générale pouvait se rencontrer dans la nature, c'est dans ces organes doués d'une fonction spéciale qu'elle devait se présenter.

[2] *Physiologische Untersuchungen*, pag. 158.

[3] Il nous paraît difficile d'admettre que ce tissu nous ait échappé, surtout lorsque nous opérions sur le *Berberis* indéterminé, dont la longueur dans le filet atteint 5 millim. sur $1^{mm},5$ d'épaisseur, c'est-à-dire dont les dimensions sont doubles de celles du *B. vulgaris*.

[4] *Expériences sur le mode d'action du chloroforme sur l'irritabilité des éta-*

organes pendant un court laps de temps et de rappeler ensuite rapidement l'irritabilité; nous prîmes donc des fleurs de *B. Darwinii* non encore irritées et nous suspendîmes la sensibilité avec la plus petite dose possible de chloroforme. Cela fait, pendant la période d'anesthésie, nous détachâmes deux lambeaux assez fins de tissu sous-épidermique, l'un appartenant à la face sensible, l'autre à la portion insensible du filet, et nous les mîmes en observation sur le champ du microscope, en les plaçant sur une plaque de verre humectée au préalable d'eau légèrement glycérinée[1]. En faisant cette opération, nous avons bien vite constaté, quand nous enlevions un fragment assez épais de tissu, que, la période d'insensibilité passée, l'irritabilité réapparaissait; et alors, si la plaque était restée humide, il était facile, en portant une irritation sur le tissu provenant de la face concave du filet, de déterminer un léger mouvement assez perceptible, surtout au verre grossissant. Nous avons indiqué (Pl. I, *fig.* 7) l'état des cellules du *B. Darwinii* dans un lambeau (face antérieure) pris pendant le sommeil anesthésique. Le protoplasma assez volumineux est appliqué avec son noyau contre les parois assez fines

mines de Mahonia (Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, 1870, tom. LXX, pag. 948).

[1] M. Pfeffer, dans un article intitulé : *Heckel's Ansischten über den Mechanismus der Reizbewegungen* (Botanische Zeitung, n° 18, 23 avril 1875), nous reproche amèrement d'avoir placé nos préparations dans la glycérine pour les observer, et déclare que, par nos conclusions, nous avons montré une profonde ignorance de l'action de cet agent soustractif de l'eau sur les cellules végétales. — Dans notre communication à l'Académie des Sciences (20 avril 1874), sur laquelle l'auteur allemand s'appuie pour nous combattre, nous avons dit, en effet, très laconiquement, que notre coupe avait été placée sur une *plaque glycérinée*, et tout lecteur mieux disposé aurait compris qu'il s'agit d'eau légèrement glycérinée. Nous employions, en effet, ce véhicule très-approprié pour retarder l'évaporation de l'eau qui se produisait très-rapidement à l'air libre à l'époque où nous observions, et avec d'autant plus de promptitude que nous ne pouvions pas, dans le cas actuel, nous garantir contre cet inconvénient par l'emploi d'un couvre-objet. C'eût été, en effet, s'exposer à de graves reproches que d'agir ainsi. Nos persistons à croire que nos résultats n'ont pas été troublés par l'emploi de cet artifice, et nous l'avons constaté depuis, en plaçant nos coupes dans de l'eau distillée pure.

de la membrane d'enveloppe : ces cellules n'étant pas absolument remplies d'eau, leurs membranes ne sont pas complétement tendues. Après avoir provoqué la projection des étamines sur le stigmate dans la même Berbéridée, nous avons profité du temps qu'emploie le filet à revenir à sa position normale pour faire une coupe du même tissu, et nous avons eu un lambeau antérieur qui nous a présenté l'aspect indiqué par la Pl. I, *fig.* 8 en coupe longitudinale, et par la *fig.* 7' en coupe transversale. Comme on peut le voir, les cellules ont éprouvé un mouvement de contraction, et non pas seulement, comme le veut Pfeffer, une soustraction d'eau par les pores, car les membranes d'enveloppe présentent des plis transversaux bien accusés pendant que les cellules ont perdu au total 1/6 de longueur, ainsi qu'il résulte de nombreuses mensurations faites au micromètre, tant dans les *Berberis* que dans les *Mahonia*, où les phénomènes sont identiques. — Le protoplasma a quitté les parois de la cellule et semble s'être condensé au centre, en ne laissant entre le noyau et la membrane d'enveloppe que quelques traînées de nature granuleuse peu apparentes. — Tout le contenu cellulaire (amidon, granules colorés, etc.) a suivi le protoplasme dans son mouvement rétractif. Quant au lambeau de la face postérieure insensible, il a offert une manière d'être toute différente. Le fragment pris pendant l'anesthésie présente un état contractif des cellules identique à celui que produit la *fig.* 8, hormis les plis transversaux. Celui qui fut prélevé après irritation a présenté la détente des cellules indiquée *fig.* 7. Il existe donc, sur cette face, un état de détente et de contraction des cellules constamment inverse de celui qui existe sur la face irritable, et nous trouvons, dans le jeu de ces cellules antagonistes, les mêmes relations de position et d'action qu'il existe, dans les étamines de *Pariétaire* par exemple, entre le ressort ventral et le faisceau de cellules normales de la face dorsale (Pl. IV, *fig.* 8 et 9)[1].

[1] M. Pfeffer (*loc. cit.*, pag. 290) prétend avoir refait nos expériences sur des étamines de *Berberis* et de *Centaurea Jacea*, en vue de contrôler nos assertions concernant la concentration du *protoplasma* au centre de la cellule, et affirme qu'il n'a

Revenons maintenant à notre lambeau sensitif et observons-le : la déformation de cellules que nous venons d'indiquer ne tarde pas à disparaître par le retour du tissu tout entier à l'état normal. On peut suivre les différentes phases de ce retour, en se portant aux *fig.* 9 et 11 de la Pl. I, qui indiquent les divers états des plis contractifs. La disparition des plis ne se produisait pas en moins de vingt minutes dans les conditions artificielles où nous opérions, tandis qu'à l'état physiologique, le filet aidé par l'action des cellules *ressort*, revient à la position de détente en un temps bien plus court. Rien de semblable ne se produit dans les cellules de la face dorsale. Ceci connu, voici comment les divers temps du mouvement staminal peuvent être interprétés. Sitôt que, l'irritation de quelque nature qu'elle soit étant produite, toutes les cellules du parenchyme de la face concave comprises entre la courbe extérieure et la ligne diamétrale *cc'* (Pl. I, *fig.* 4) se sont contractées et que la projection de l'organe s'est produite avec raccourcissement et épaississement de toute sa masse, ces cellules tendent à revenir à leur position de repos, et leur contenu quitte le centre pour s'appliquer sur les parois. Elles sont aidées à ce retour par l'action des cellules antagonistes de la face dorsale, qui, distendues par le fléchissement de la face concave, tendent, en vertu de leur élasticité, à revenir à leur position première. Tel nous a paru dans son intimité le phénomène que nous étudions : il présente, comme fait le plus remarquable, l'antagonisme physiologique des deux groupes opposés et inégaux de cellules antérieures et dorsales. Cette manière d'être pourrait

rien vu de semblable. Nous penchons à croire qu'un tel insuccès est attribuable, non pas à la différence entre les méthodes d'observation employées, mais à une disposition d'esprit excusable qui empêche l'auteur d'une théorie de voir ce qui serait contraire au fondement de la thèse qu'il soutient. Le phénomène est en effet aussi apparent que possible; pour cela il suffit, et ce n'est pas un artifice nouveau, de colorer légèrement la préparation avec un peu de fuchsine ou de cochenille pour rendre les noyaux de la masse protoplasmique plus apparents. En général, celui-ci est peu visible. Il est à remarquer que ce n'est pas seulement le protoplasma qui subit cette contraction, il entraîne avec lui tout le contenu cellulaire.

rapprocher le mouvement des *Berberis* de celui de la *Sensitive*. Dans cette dernière plante, en effet, ainsi que de nombreux auteurs l'ont fait remarquer, la face qui devient concave est seule sensible et le bourrelet présente, dans un point oppposé à la partie irritable, un ressort antagoniste dont l'action, dans une certaine mesure, pourrait être comparée à celle de la face dorsale des *Berberis*. Cohn, ainsi que nous le verrons, avait remarqué des faits à peu près semblables dans les filets des Synanthérées, et avait conclu à une propriété contractile qu'il localisait dans l'enveloppe des cellules parenchymateuses formant cet organe. Il est probable que le fait n'est pas isolé dans la nature, et, en cela, nous nous éloignons de la manière d'apprécier de M. Bert, qui, n'ayant pu déterminer le mouvement dans des coupes des bourrelets irritables des Sensitives, admet le raccourcissement indiqué par Cohn, mais en repoussant toute possibilité de contraction des tissus[1].

Ces points établis, nous allons passer en revue les conditions diverses qui peuvent faire naître ce mouvement et l'influencer, soit en l'accélérant, soit en le retardant. L'importance de cette étude se fera jour pour quiconque voudra considérer que les organes mis en cause peuvent, par leur exquise sensibilité, révéler des impressions qui passent inaperçues quand elles s'adressent à des tissus dépourvus de toute réaction visible. Mais il importe avant tout de connaître l'étendue et la force de ce mouvement. Nous savons comment on le fait naître : un point sensible étant touché, l'étamine, par un mouvement brusque, d'une seconde de durée, s'abat en parcourant un espace constant. Il n'est pas inutile de redire ici que les assertions de Smith, déjà indiquées, ne reposent sur aucun fondement. Gœppert a nié avec raison que le stigmate et le style forment obstacle à l'abattement de l'organe et servent de limite à sa courbure ; nous n'avons jamais observé un fait semblable, aussi sommes-nous surpris de trouver dans le travail de M. Baillon le passage suivant[2] :

[1] *Loc. cit.*, 1er Mémoire, 1867, pag. 549.

[2] *Loc. cit.*, pag. 31.

« Une première excitation imprime souvent à l'étamine un mouvement tel qu'elle a parcouru tout le trajet possible ; souvent cependant on peut encore obtenir un petit déplacement par une excitation ultérieure. En tout cas, *la rencontre du style limite le mouvement* ». Si le premier fait se rencontre rarement, nous avons le regret de dire que le second ne s'est jamais présenté à notre observation : il suffit d'enlever l'ovaire et d'exciter l'ensemble des étamines pour voir que, malgré la liberté qui leur est offerte, les étamines ne dépassent jamais le niveau de l'organe absent, au-dessus duquel elles viennent former une couronne, presque sans se toucher.

Il nous a paru nécessaire de rechercher par un moyen simple et cependant assez précis le degré d'écartement que subit l'étamine de *Mahonia* ou de *Berberis* en passant de l'état de repos à l'état de contraction. Pour cela, nous avons séparé dans une fleur les six organes mâles encore adhérents à la base du pétale qui les reçoit, et les plaçant avec précaution sur le côté, à la surface d'une feuille de papier, nous avons marqué avec la pointe d'un crayon très-fin : 1° le point extrême (le sommet) de la pièce corollaire (*b*); 2° le même point correspondant dans l'anthère (sommet *c*); 3° enfin le point de réunion (*o*, Pl. II, *fig.* 1′ et 2′) de la base de l'onglet et de l'étamine. Avec ces trois éléments fixes, nous avons obtenu le triangle *o a b*, qui nous a paru constant si on néglige une variation de 2 à 3° entre les genres *Mahonia* et *Berberis*. L'angle d'écartement mesuré après chaque irritation a été généralement de 30 à 32°, dans les différentes espèces des deux genres.

En même temps que l'étamine se rabat et parcourt l'arc susindiqué, elle subit une contraction que nous avons constatée être égale au 1/12 de la longueur totale; nous y sommes arrivé en mesurant avec un fil dans le *Berberis*...? l'étendue de la courbe intérieure et extérieure après l'irritation ; un autre procédé de mensuration est indiqué par le schéma, *fig.* 3 de la Pl. II, qui donne les mêmes résultats. Pfeffer[1] dit que la contraction d'une

[1] *Loc. cit.*, pag. 157.

étamine de $2^{mm},5$ de longueur peut déterminer une courbe de $1^{mm},5$ à 2^{mm} de rayon, juste suffisante, le calcul l'indique, pour que les anthères viennent s'abattre sur le stigmate ; nous avons constaté que cette estimation est trop réduite (R = long. du filet).

En même temps que le filet se raccourcit, il augmente d'épaisseur, et cette augmentation est en parfaite concordance avec la diminution subie, comme l'exige du reste le mécanisme de ce mouvement [1]. Nous avons dit, à propos de l'examen histologique des cellules parenchymateuses contractées de la partie mobile, avoir constaté un raccourcissement correspondant au sixième environ de la longueur totale des cellules (mesures micrométriques prises au grossissement de 224/1) ; on ne comprendrait pas que le résultat total de l'ensemble de la contraction dans l'organe entier ne fût égal à chaque rétraction cellulaire partielle, si l'on ne tenait compte de la résistance opérée par les tissus antagonistes, lesquels n'agissent plus quand on examine un lambeau séparé. Pfeffer [2], qui, nous l'avons dit, a appliqué aux étamines des Berbéridées la théorie générale du mouvement telle qu'elle lui est fournie par ses observations sur les *Mimosa pudica* et sur les filets des *Cynarées*, affirme que si on fait une coupe transversale du filet des *Berberis* avant l'excitation, et qu'on produise ensuite une courbure, il y a ici expulsion d'eau par la plaie, comme cela se produit dans les articulations fendues des *Mimosa*. Nous avons tenu à vérifier cette assertion, et nous avons eu le regret de ne pas constater, comme dans la Sensitive, l'apparition d'une goutte d'eau qui vient perler à la surface de la section. Il a été tenu grand compte cependant de toutes les recommandations faites par l'auteur, qui nous paraît, ici encore, s'être laissé entraîner par une généralisation hors de maturité.

[1] Nous avons dit que la coupe transversale de ces étamines était une ellipse irrégulière dont la ligne des foyers mesure $1^{mm},5$. Ce diamètre n'augmente pas, mais le diamètre antéro-postérieur, qui est un peu plus grand que la distance focale à l'état normal, augmente de 1/2 millimètre environ.

[2] *Loc. cit.*, pag. 158.

Pfeffer croit [1] qu'une étamine, en se contractant, ne peut pas soulever le plus léger poids, ce qui montrerait, comme le veut sa théorie de l'expulsion de l'eau, que l'élasticité des membranes diffère entièrement de leur irritabilité. Voici ce que nous avons observé à cet égard. Nous avons pris, comme précédemment, des organes encore attachés au pétale opposé, afin de leur laisser leur point d'appui, et, dans cet état, nous les avons fait reposer sur la face convexe du pétale. Dans le sac insensible des anthères, nous enfonçâmes alors, avec précaution, de petits corps métalliques (pointes d'épingles coupées très-courtes) en quantité suffisante pour représenter, dans l'anthère n° 2, le double du poids ajouté à l'anthère n° 1 ($0^{gr},01$); dans l'anthère n° 3, le double de 2, et ainsi de suite en doublant toujours. Trois étamines étant ainsi chargées, nous avons déterminé l'irritation, et dans chacune d'elles nous avons constaté que le mouvement se produisait avec facilité (nous opérions sur le *Berberis*...?, dont les étamines ont chacune un poids de $0^{gr},010$ à $0^{gr},012$). Prenant alors une autre série d'étamines, nous les chargeâmes, à partir de $0^{gr},02$, d'un poids de 1/2 centigr. seulement, et nous reconnûmes qu'à $0^{gr},025$ le soulèvement ne se produisait que difficilement, et qu'à $0^{gr},03$ l'irritation avait pour résultat de déplacer l'extrémité inférieure, tandis que la supérieure, affaissée sous le poids ajouté, restait immobile. Le chiffre maxima de charge représente environ *deux* fois le poids de l'étamine elle-même ; c'est bien la même proportion que nous avons obtenue en opérant sur les *Berberis Darwinii* et *vulgaris*. Ce chiffre est bien peu élevé si on le compare à celui qu'a obtenu M. Bert sur la Sensitive[2], dont le pétiole contracté peut soulever un poids de 22 à 23 gram., à l'extrémité d'un bras de levier considérable, c'est-à-dire un poids *septuple* de celui de la feuille chargée de ses quatre pétioles secondaires.

Nous avons cherché à voir si le mouvement qui se produit sous l'eau à la température normale était moins puissant que

[1] *Loc. cit.*, pag. 149.

[2] *Loc. cit.*, 1er Mémoire, 1867, pag. 544.

dans l'air: les résultats ont été à peu près les mêmes dans les deux cas, sauf une petite diminution pour l'eau, entièrement attribuable à la plus grande résistance qu'oppose ce fluide au mouvement.

Comme on le voit, les prévisions de Pfeffer ne se justifient ni pour la Sensitive, ni pour les étamines des Berbéridées, et par ces faits on pouvait supposer déjà que la théorie de l'expulsion de l'eau n'était applicable au cas que nous envisageons, ni anatomiquement, ni physiologiquement.

Ainsi que nous l'avons dit déjà (pag. 32), à propos de l'erreur apparente commise par Koch et Mertens, il nous est arrivé de trouver des fleurs entières (*Mahonia* ou *Berberis*) dans lesquelles l'irritabilité avait disparu, sans qu'aucune raison vînt expliquer ce phénomène. Cette apparence est due à l'accoutumance que présentent ces organes à certaines irritations fréquemment répétées: ce n'est donc là probablement qu'un fait en tout semblable à celui qui est bien connu dans la *Sensitive*, depuis l'expérience classique de Desfontaines. Quelques auteurs allemands ont admis que, dans ce cas, l'explication devait être trouvée dans un état de rigidité transitoire déterminé par des excitations multipliées qui agiraient alors à l'égal de certains agents chimiques ou physiques[1]. Il n'en peut être ainsi, si l'on considère que ces organes peuvent devenir insensibles à certaines irritations fréquemment répétées et répondre constamment à d'autres plus accusées et d'une autre nature : évidemment il n'y a là qu'un phénomène bien apparent d'accoutumance ou d'épuisement.

D'un autre côté, il est certain, et nous l'avons constaté bien souvent, que les étamines de *Berberis* ne répondent pas à l'irritation déterminée par la présence constante dans la fleur et par les agitations de certains insectes qui y vivent. C'est là cer-

[1] Julius Sachs (*Handbuch der experimental Physiologie der Pflanzen* (Leipzig, 1865, pag. 53) affirme que l'irritabilité peut momentanément disparaître dans les Sensitives, pour reparaître ensuite. C'est un phénomène du même ordre que nous constatons ici.

tainement un simple fait d'accoutumance qu'il ne faut même pas confondre avec l'épuisement qui se produit à la suite de quelques irritations non interrompues. Il suffit, pour s'en convaincre, de remarquer, comme nous l'avons fait souvent, que pendant les grands vents, des pieds entiers de *Mahonia* ont leurs fleurs insensibles et ne présentent l'irritabilité que dans les parties abritées. On peut expérimentalement constater le même phénomène en produisant le mouvement, comme l'a fait Gœppert [1], par l'insufflation de l'air sur la face concave de l'étamine avec un tube effilé. Si on continue à insuffler après le retour de l'organe à la position de repos, on constate d'abord une contraction égale à la première, puis une plus faible, puis une plus faible encore, et enfin une insensibilité absolue ; et alors il faut attendre un certain temps pour que l'*état d'accoutumance* ou *d'épuisement* (il est difficile de se prononcer) soit dissipé entièrement [2].

Il nous a paru intéressant de connaître à combien d'irritations ordinaires successives et non interrompues résisterait l'irritabilité des Berbéridées. Pour cela, nous avons employé deux manières de procéder. Dans la première, nous irritions simultanément deux filets avec la pointe d'une aiguille dans chaque main, et, le mouvement produit, nous attendions, pour pratiquer une seconde irritation, que l'organe fût revenu au repos, c'est-à-dire en moyenne 7 à 8 minutes [3]. A la troisième excitation, l'espace par-

[1] *Loc. cit.*, pag. 76.

[2] A ce propos, M. Baillon dit (*loc. cit.*, pag. 58.) : « L'irritabilité végétale présente enfin, dit-on, cette particularité qui lui est spéciale : c'est que les mouvements obtenus par une excitation ne peuvent se présenter qu'après un certain intervalle de temps, et que cette irritabilité va en s'affaiblissant de plus en plus, de manière qu'à un certain moment elle disparaît tout à fait. Je ne pense pas que cela soit exact d'une manière absolue. Dans l'étamine, dira-t-on, le mouvement ne peut plus être obtenu au bout d'un certain temps. A cela, je répondrai que j'ai pu exciter une étamine presque toute une journée : elle se mouvait toujours. » Il faut admettre alors que l'expérimentateur n'excitait pas l'organe immédiatement après son retour à la position de repos.

[3] Gœppert (*loc. cit.*, pag. 49) affirme que dans le *B. vulgaire* il faut tout au plus 5 minutes d'attente pour qu'une nouvelle excitation soit suivie d'un effet, après

couru par l'organe était moindre et diminuait ensuite insensiblement jusqu'à la onzième ou la douzième, où toute irritation était alors superflue. Dans la seconde, qui nous a donné les mêmes résultats, nous irritions avec la pointe de l'aiguille avant le parfait retour de l'étamine à la position de détente : le mouvement se produisait trois fois de suite avec une intensité décroissante ; mais l'épuisement, plus prompt, se présentait à la quatrième ou cinquième piqûre.

Ici se place une expérience qui a son importance, en tant que preuve physiologique, contre la théorie de l'expulsion de l'eau. Si on coupe à 1 millim. au-dessous de l'anthère une étamine séparée de la fleur, et qu'on provoque des excitations successives, comme nous l'avons indiqué ci-dessus, on remarque les mêmes phases de diminution de l'irritabilité que dans un organe intact, et l'on aboutit aussi à une insensibilité complète. Or, il est bien évident que si, ainsi que le veut Pfeffer, chaque contraction était suivie d'une issue du liquide sur la surface de la plaie, comme cette eau ne se trouverait plus abritée par l'enveloppe épidermique, elle devrait s'évaporer pendant que l'étamine revient à sa position de repos (en 7 ou 8 minutes : ce temps est plus que suffisant), et il devrait arriver qu'à la seconde contraction, les cellules, ne pouvant plus emprunter de liquide à la plante dont l'organe est séparé, seraient déjà moins gorgées de liquide, et par conséquent auraient perdu une partie de leur force de tension ; dès lors, le mouvement devrait aussi disparaître plus rapidement que dans un organe intact, et ce n'est pas ce que l'on observe. Ce fait vient se joindre, pour combattre la théorie de Pfeffer, à ceux que nous avons déjà signalés, plus probants encore.

Il faut remarquer de plus que, dans un fragment d'étamine coupé au milieu de l'organe mobile, le mouvement se produit aussi souvent et avec la même énergie que dans un fragment de la partie supérieure, ne portant par conséquent qu'une surface libre

que l'étamine a quitté le stigmate. Ce chiffre est trop faible pour tous les *Berberis* et les *Mahonia* que nous avons expérimentés.

pour l'expulsion de l'eau : il ne devrait pas en être ainsi cependant, si la théorie était vraie, car, dans le premier cas, l'évaporation est double, et les cellules, à chaque mouvement qui suit le premier, ayant deux fois moins d'eau à expulser que dans le précédent, devraient présenter une intensité d'action rapidement décroissante.

A cette étude se rattache d'une manière intime l'action des divers agents physiques et chimiques, action à laquelle nous avons fait une large part, en considération de l'importance de cette expérimentation.

Depuis longtemps, les physiologistes ont reconnu que certains tissus irritables se meuvent plus facilement quand la température s'élève, et perdent cette propriété quand elle décroît. A un certain degré correspond le maximum de sensibilité, à un autre ce que l'on a appelé l'état de rigidité transitoire. Nasse, le premier, a appliqué aux organes irritables des Berbéridées ses recherches sur l'action de la chaleur.

Nous avons atteint les mêmes résultats en utilisant d'abord la concentration des rayons solaires, sous l'influence d'une lentille, sur l'organe irritable lui-même, et ensuite en faisant passer successivement des fleurs épanouies, dans différents vases contenant de l'eau à des températures différentes. Dans l'un et dans l'autre cas, les résultats n'ont pas été concordants, et cela se conçoit sans peine quand on sait que par la concentration des rayons solaires on obtient de suite une température très-élevée et qui agit comme un irritant à action croissante et très-localisée. Avec l'eau à différents degrés de chaleur, nous avons constamment constaté la contraction sous l'influence des températures comprises entre 30 et 35°. Quand nous nous servions des lentilles, nous avions placé au foyer de deux verres identiques, d'une part une boule de thermomètre à mercure gradué par 10e de degré, et de l'autre une de nos étamines, de façon que le faisceau lumineux concentré portât sur la face concave de l'organe. Dès que le mouvement se produisait, et il était presque immédiat, nous lisions l'indication fournie par le mercure :

elle a été comprise entre des degrés très-éloignés. Les variations que nous indiquons ne sont pas attribuables, comme ci-dessus (pour l'eau chaude), à la diversité des espèces employées. Les grosses étamines du *Berberis... sp.* et *Darwinii* étaient plus promptement excitées que celles du *Mahonia* et du *B. vulgaris*. Ces résultats ne sont pas conformes à ceux de Nasse.

Nous avons également voulu, en suivant la même voie, connaître quelle pouvait être la température maximum supportée par les étamines sans que l'irritabilité fût anéantie. Pour cela, nous avons plongé des fleurs récemment épanouies et non encore irritées (cette précaution a été appliquée à toutes nos recherches), dans des mélanges d'eau bouillante et froide, combinés en vue d'une décroissance de température bien graduée. Nous avons ainsi constitué une série comprise entre 50 et 65°, avec une différence de 2° entre chaque terme. Notre température inférieure a été fixée d'après les indications de J. Sachs, qui donne 52° centigr. comme limite supérieure de tolérance pour une Sensitive, sans perte définitive d'irritabilité. Nous avons pu atteindre avec les diverses espèces de *Berberis* les températures comprises entre 52 et 56°[1]; pour les *Mahonia*, nous avons été arrêté entre 53 et 55°,2. Un degré au-dessus de ces températures extrêmes, l'irritabilité avait disparu, et l'organe perdait sa couleur normale. Après ces résultats, on concevra que nous éprouvions quelque étonnement, pour ne pas dire plus, à voir J. Sachs qualifier d'*incroyables*[2] les résultats indiqués par M. Bert sur la Sensitive[3], car, eu égard à la ténuité des tissus qui sont ici mis en cause, les conséquences de nos expériences devraient être frappées d'une suspicion plus grande encore.

[1] Nasse (*loc. cit.*) indique la température de 60° C. comme déterminant la perte irrévocable de l'irritabilité dans le *B. vulgaris*.

[2] *Loc. cit.*, trad. Van Tieghem, pag. 1035. 1873.

[3] *Op. cit.*, 1er Mémoire, *in Journal* de Robin, pag. 541 ; M. Bert dit : « J'ai vu même une Sensitive rester sensible dans une étuve humide où la température prise au-dessus de la terre du pot a monté en dix-sept minutes de 28 à 56°, et dans les huit minutes suivantes de 56 à 62°, en été.»

La recherche de la limite inférieure de température à laquelle l'irritabilité résiste nous a donné des résultats conformes aux généralités établies par J. Sachs[1]. Un mélange de glace pilée et de divers sels (chlorhydrate d'ammoniaque, chlorure de sodium) nous donnait aisément une température de — 15°, que nous utilisions avec l'appareil décrit § III. A mesure que le thermomètre baissait dans l'enceinte expérimentale, nous suivions les variations de l'irritabilité : à — 8°, l'organe mobile, après quinze minutes d'exposition, répond assez promptement à l'irritation, qui est cependant déjà paresseuse ; à — 12, il faut une irritation profonde ; à — 15°, une plus profonde et plus prolongée; à — 17° (température obtenue par un mélange de sulfate de soude et d'acide chlorhydrique), l'irritabilité a complétement disparu, l'organe ne répond plus ; à — 19° (sulfate de soude et acide azotique), l'organe noircit et meurt après trois minutes d'action de la température. Ces organes ne montrent donc pas une sensibilité spéciale au froid.

Les résultats intéressants qu'a obtenus M. Bert en étudiant l'action de la *lumière*, de l'*obscurité* et des *rayons diversement colorés* sur les mouvements de la Sensitive, nous ont donné le désir d'étendre ces recherches aux Berbéridées. Nous avons suivi pas à pas la méthode expérimentale indiquée par cet auteur. Des rameaux entiers de divers *Berberis* et *Mahonia* ayant leur pied immergé dans l'eau, dont les fleurs étaient récemment épanouies et dont l'irritabilité des étamines était bien constatée, furent placés, dans une obscurité complète, au fond d'un placard fermant à clé et ne recevant de l'air que par deux points placés dans l'ombre. En même temps, des rameaux témoins étaient maintenus (du 2 au 8 avril 1874) dans des conditions normales, c'est-à-dire dans une chambre souvent aérée, exposée au midi et bien éclairée.

[1] *Loc. cit.*, pag. 1835, il est dit : « Il suffit que la température ambiante descende pendant quelques heures au-dessous de 15° C. pour que, toutes les autres conditions étant favorables, les organes mobiles du *Mimosa pudica* entrent en état de rigidité transitoire».

Les fleurs enfermées présentaient le 3e jour (4 avril au soir) une diminution sensible de l'irritabilité, trahie par l'impossibilité de parcourir plus de la moitié du chemin ordinaire sous l'influence d'une excitation prononcée. L'amplitude des mouvements est intacte dans les témoins. Le 4e jour, même état ; le 5e, insensibilité complète. Rien d'anormal n'était encore survenu dans les témoins, si ce n'est que les pièces de la corolle étaient tombées, entraînant quelques étamines restées bien sensibles comme les autres jusqu'au 7e jour (8 avril). Des variations insignifiantes se produisent suivant les espèces sur lesquelles on opère : le fait capital de la perte de la sensibilité par soustraction de la lumière reste. Pour être certain que la lumière seule, par son absence, produisait ce résultat, nous avons répété ces expériences en 1875 (avril et mai), et, après trois jours d'obscurité complète, nous avons replacé dans les conditions ordinaires un rameau de *Mahonia aquifolium*, au moment où il perdait son irritabilité assez sensiblement. Le lendemain (en douze heures), l'irritabilité avait fait retour ; elle était aussi nette que dans les organes témoins. — Mêmes observations sur le *Berberis vulgaris* ont été faites en mai.

Ritter[1], observant la nuit les étamines de l'Épine-vinette et les trouvant, dit-il, appliquées contre le pistil, en avait conclu que c'était là l'effet de l'obscurité : nous sommes loin aujourd'hui d'une pareille interprétation, après les expériences que nous venons de faire connaître. Gœppert[2] expérimenta méthodiquement, mais dans des conditions sans doute défectueuses, car après avoir, dit-il, couvert des fleurs de *Berberis vulgaris* avec une cloche qui ne laissait pas passer la lumière, elles ne perdirent rien de leur irritabilité. Il est évident pour nous que l'expérimentation a été ou défectueuse ou trop courte (il n'en fixe pas la durée), et que dès lors les conclusions ont été trop hâtives. Ce sont là toutes les données que l'on possède sur ce genre d'expériences.

[1] *Gehlen's Journal für Phys.* 1808.

[2] *Loc. cit.*, pag. 120.

L'action de l'éclairage continu, dont nous avons poursuivi l'étude en employant les procédés et les précautions indiqués par M. Bert, ne nous a donné aucun résultat significatif : si une légère surexcitation dans l'irritabilité s'est montrée quelquefois (2 sur 7), et il suffisait alors de toucher avec une barbe de plume pour obtenir un mouvement, cet état n'a pas été constant. Nous avons obtenu notre éclairage nocturne avec deux lampes Carcel, dont la valeur photométrique était de treize bougies environ.

Après ces résultats, il restait à connaître quels sont, dans la lumière blanche, les rayons les plus nécessaires à l'entretien de l'état d'irritabilité, et ceux qui peuvent nuire à cette propriété. Dans ce but, nous avons employé les petites lanternes parallélipipèdes à coulisses, indiquées par M. Bert, mesurant $0^m,10$ de hauteur sur $0^m,05$ de largeur, et capables de recouvrir une inflorescence de *Mahonia* ou de *Berberis* détachée de l'arbuste ou encore attenant à ses rameaux. Dans les faces de la lanterne pouvaient être glissées, par les coulisses, des lames de verre de coloration différente : l'air était renouvelé par des prises bien ménagées et ne laissant pas introduire les rayons lumineux. Les couleurs suivantes ont été employées : 1° *noir* (à la fumée) ; 2° *vert* ; 3° *violet* ; 4° *jaune* ; 5° *rouge* ; 6° *orangé* ; 7° *incolore*. Tous ces verres laissaient à la vérité passer des rayons de couleur autres que ceux qui les caractérisaient ; mais malgré leur imperfection il fallut, faute de mieux, les utiliser tels quels, et les résultats qu'ils nous ont donnés ne nous paraissent pas en avoir été sensiblement troublés, puisqu'ils viennent confirmer, sauf quelques variations, ceux que M. Bert a obtenus avec la Sensitive. Tous nos verres étaient de nuances foncées, et les expériences furent faites en maintenant le plus possible les rameaux au soleil (mai 1873 et 1874). Sous la lanterne *noire*, dès le 3e jour, affaiblissement sensible ; le 5e, insensibilité absolue. Résultat identique sous la lanterne *verte* : l'insensibilité a été avancée ici de 5 heures seulement. Sous les verres *bleus* et *violets*, aucun changement, rien de bien visible ne s'observe, non plus que sous les *rouges* et les *jaunes* : l'irritabilité est dans les mêmes conditions à peu près que dans les rameaux té-

moins. En somme, après plusieurs expériences sur les *Berberis* et les *Mahonia*, nous disons : la sensibilité des Berbéridées, comme celle des Sensitives, est atteinte d'une manière égale par l'obscurité et par les rayons verts : ces derniers exercent cependant avec un peu plus de rapidité leur action dépressive.

L'électricité fut, comme nous l'avons déjà vu, le premier excitant de l'ordre physique dont l'action ait été appliquée aux organes doués de mouvements provoqués. Rafn, Ritter et Nasse s'en occupèrent successivement, et ce dernier obtint des résultats qui, pour être quelquefois erronés, n'en indiquaient pas moins une voie à suivre. Après eux, Treviranus en dit un mot ; depuis, les physiologistes, délaissant complétement les étamines des Berbéridées, ont porté plus particulièrement leur attention sur d'autres organes irritables, et il faut arriver jusqu'à Kabsch [1] pour trouver de nouvelles recherches sur ce point. Cet auteur reprit ces expériences en employant un appareil de Ruhmkorff desservi par un élément Grove. Avant lui, l'application des courants induits au cas qui nous occupe, n'avait pas été tentée. — Voici quelles furent les conclusions de cette étude : « Les étamines de *Mahonia* et de *Berberis* sont beaucoup plus sensibles à l'excitation électrique que les gynostèmes des *Stylidium adnatum* et *graminifolium* ; elles ne sont mises en mouvement que par un courant assez fort pour anéantir la sensibilité ; une fois paralysées, elles gardent la position de sommeil, tandis que les gynostèmes des *Stylidium* peuvent, dans ce cas-là, rester dans la position normale.» Bien différents sont les résultats que nous avons obtenus en employant les méthodes suivies par Jürgensen [2], Becquerel [3], Haidenheim [4], Kabsch, Brücke [5] et Kühne [6], et en observant les précautions expérimentales

[1] *Botanische Zeitung*, 1861, pag. 358 et suivantes.

[2] *Studien des physiolog. Instituts zu Breslau*, 1861, Helft I, pag. 98 et suiv.

[3] Comptes-rendus de l'Académie de Sc. 1837, pag. 184.

[4] *Studien des physiolog. Instituts zu Breslau*, 1863, Helft II, pag. 65.

[5] *Das Verhalten der sog. Protoplasmaströme und. D. S. V.*, in *Sitzungsbericht derk. Acad. der Wiss.* Wien, 1862, pag. 46, P. 1.

[6] *Untersuchungen über das Protoplasma*, etc. 1864, pag. 96.

indiquées par ces auteurs. Après avoir constaté que les courants directs agissent avec une grande activité dont il n'est pas toujours facile de mesurer l'étendue et qui trouble les résultats de l'expérience, nous nous sommes constamment servi des courants induits donnés par la pile de Ruhmkorff, au bisulfate de mercure, qui n'offrent pas le même inconvénient, par la raison qu'on peut diminuer à volonté ou augmenter leur intensité, en faisant fonctionner à souhait l'*inducteur*.

Nasse avait vu les étamines se mouvoir quand il mettait le pôle positif d'une pile en communication avec le pédoncule floral et le pôle négatif avec un pétale quelconque opposé à une étamine. Nous avons reproduit la même expérience avec un courant direct (pile au bichromate de potasse), et nous avons observé les mêmes faits, avec cette différence qu'il est absolument indifférent pour le résultat qu'on intervertisse l'ordre des pôles. Treviranus, commentant l'expérience de Nasse, en déduit que, le *fluide négatif* n'agissant jamais avec plus de force que quand on le met en contact avec un corps animé de l'électricité positive, l'organe mâle, dans le cas actuel, possède l'électricité positive et l'organe femelle l'électricité négative : cette déduction manque de base.

Nous avons fait porter l'action des courants induits, tantôt sur des fleurs entières, tantôt sur des étamines détachées, sans que les résultats aient cessé d'être concordants. Dans le premier cas, nous mettons, d'une part, un des fils en communication avec le pédoncule floral dans le tissu duquel nous l'introduisons, tandis que nous implantons l'extrémité pointue du second rhéophore dans la masse glanduleuse du stigmate : de cette façon, le torus étant traversé par le courant électrique, tous les organes qui s'y insèrent doivent en être influencés. Nous faisons passer un courant faible d'abord, qui reste sans effet; mais, dès qu'il est devenu sensible aux mains de l'expérimentateur, les étamines en position de détente se contractent comme si elles avaient subi un ébranlement mécanique : c'est la confirmation des expériences de Nasse. Nous avons cherché à connaître, en nous servant d'un électromètre gradué avec la pile thermo-électrique ordinaire

(cuivre et bismuth), à combien de divisions de cet appareil correspondait la force d'un courant capable de déterminer une contraction, et nous avons constaté qu'au moment où l'aiguille donne une déviation de 29° (correspondant à 40° C. de température pour l'arc de soudure du couple métallique), le mouvement se produit. — Les étamines étant séparées de la fleur, pour observer leur contraction sur le champ du microscope, nous avons adopté l'arrangement facile emprunté par Cohn[1] à Jürgensen, pour l'étude de la sensibilité des étamines de *Centaurée*. Nous en reproduisons ici, une fois pour toutes, la description, pour n'avoir pas à la répéter dans les nombreuses circonstances expérimentales où nous l'avons utilisé. « Sur la table du microscope est placé un anneau de corne sur lequel sont fixés deux minces fils de cuivre courbés à angle droit. La partie la plus courte est horizontale sur l'anneau, les extrémités sont séparées par un intervalle de $0^m,0005$. » Nous plaçons dans le circuit une grosse étamine de *Berberis...sp.* qui relie ainsi les deux fils de cuivre et forme un pont entre eux, l'extrémité sensible du filet reposant sur l'un et l'anthère sur l'autre. L'organe étant à l'état de détente et se trouvant parfaitement libre d'exécuter ses mouvements, nous faisons passer un courant induit avec le même appareil que ci-dessus : lorsque l'aiguille du galvanomètre marque un écart de 26°, le mouvement se produit avec son amplitude usuelle. Pendant tout le temps que passe le courant, le filet ne tend pas à retourner à sa position de repos ; il reste en contraction, et cet état peut durer longtemps, tant que la tension du courant n'augmente pas. Si, pendant la contraction, on enlève le tissu *ressort* de la partie insensible, la courbure du filet devient plus grande sous l'influence du courant, et on remarque que le retour se fait plus lentement ; à mesure qu'on enlève une plus grande quantité de ce tissu *ressort*, la courbure s'accentue davantage.

[1] *Contractile Gewebe im Pflanzenreich.* (*Jahresber. der schless. Gesells. für vaterländ. Cultur.* 1861, Cahier I, pag. 24.)

Pendant le passage du courant dans un organe intact, nous observons la face concave du filet, et, à un grossissement de 34/1, nous constatons que le seul phénomène extérieurement visible est le plissement rapide et transversal de l'épiderme dans le point de courbure qui forme la réunion du quart inférieur avec les trois quarts supérieurs [1]. Pendant le retour à la position de détente, les trois plis disparaissent insensiblement. L'étamine étant arrivée au repos, après 15 minutes d'attente, nous faisons passer un courant mesuré par un écartement de 30° à l'aiguille astatique : le mouvement se produit. Repos, puis excitation avec un courant marquant 34°-38°-42°. En augmentant ainsi l'intensité du courant de 4° environ après chaque irritation, nous arrivons, sans rien observer d'anormal, jusqu'à l'écart de 65° : à ce moment, le mouvement ne se produit plus. Comme on le voit, nos résultats ne confirment pas ceux de Kabsch ; mais, si cet auteur n'a pas reconnu comme nous que les étamines sont mises en mouvement par cet agent avant de perdre leur sensibilité, du moins nos résultats concordent en un point. Nous avons vu, comme lui, un état particulier déterminé par l'excès de tension du courant, qui maintient les étamines courbées après la perte de leur irritabilité, et nous avons constaté que dans ces conditions le fluide électrique, en déterminant la contraction des cellules, les frappait de mort dans cet état.

Nous avons dit que les mouvements se produisent aussi bien dans l'eau que dans l'air; nous devons ajouter ici que les étamines conservent beaucoup plus longtemps leur irritabilité quand elles sont immergées dans l'eau, probablement parce que dans cet état elles ne subissent aucune perte d'eau par évaporation. En général, sur ces tissus délicats les effets de la dessiccation sont très-prompts : il suffit de 5 à 6 heures d'exposition à l'air ambiant (18° C.) des étamines détachées de la fleur pour que la sensibilité disparaisse complétement en apparence. On la rappelle en

[1] C'est probablement sur une observation semblable que repose l'erreur commise par Hoffmeister (Voir pag. 37) relativement au point où se produit le mouvement.

plongeant les étamines dans l'eau pendant 15 minutes environ. Une étamine étant coupée longitudinalement en deux parties égales (chacune d'elles couronnée par une loge d'anthère), le mouvement se retrouve dans l'un et dans l'autre fragment : or, il est à remarquer que tant que la dessiccation n'a pas produit son effet, cette motilité se conserve, malgré plusieurs irritations, dans les deux lambeaux, avec la même intensité que dans une étamine normale. Ce fait ne devrait pas se produire cependant, si, conformément à la théorie de Pfeffer, l'eau du contenu cellulaire se déversait abondamment à chaque contraction par la large surface qui est ouverte.

L'action de l'air et des différents gaz, qui a déjà fixé l'attention de quelques physiologistes, nous a paru mériter d'être reprise avec détail. — Nous avons procédé ici comme pour la lumière, c'est-à-dire en commençant par les *valeurs négatives*, par l'action du vide. Dutrochet avait, dans ce sens, ébauché des recherches sur la Sensitive; Kabsch [1] les étendit à d'autres organes irritables, parmi lesquels figurent les étamines de *Berberis*. Ce dernier physiologiste remarqua que les filets des *Mahonia* et des *Berberis* se contractent lorsque, la pression atmosphérique diminuant, le vide est sur le point de se produire, et il précise l'apparition de ce phénomène au moment où la pression n'est plus que de 20 à 24^{mm} de mercure. Nous avons repris ces expériences et constaté avec une machine (à un seul piston de Delœil) très-parfaite, que le mouvement brusque ne se produit pas avant que la pression soit descendue à 1 millim. Kabsch ajoute avec raison qu'après cette dernière oscillation, les étamines restent à l'état de contraction. Nous avons observé que si on les maintient sous la cloche pendant une demi-heure environ, elles se flétrissent, et que leur irritabilité suspendue peut être rappelée par l'introduction des organes mobiles dans l'eau.

Ainsi donc, les étamines meurent ici dans l'état de contraction, c'est-à-dire dans les conditions même qui suivent l'action pro-

[1] *Loc. cit.*, 1862, pag. 342.

longée de l'électricité. Si l'on fait revenir l'air petit à petit, on constate que les étamines commencent à se détendre dès que le baromètre marque $0^{mm},924$, ce qui correspond à peu près au retour du tiers de l'air contenu primitivement dans la cloche, et quand cet espace est rempli, l'irritabilité n'est pas encore revenue ; lorsque au contraire l'air est rendu brusquement, la motilité semble faire un retour plus prompt. Il y a dans le phénomène que nous venons d'étudier deux actions à dissocier : 1° celle qui est produite par l'absence de l'oxygène ; 2° celle qui résulte de l'évaporation rapide dans le vide de l'eau que renferment les tissus mobiles.

A laquelle de ces deux causes faut-il attribuer l'irritation spéciale que subissent les cellules sensibles ? Quelle est celle qui intervient le plus activement pour déterminer la mort de l'organe, et par conséquent la suspension du mouvement ?

A la première question, il est difficile de répondre ; toutefois, on peut avancer sans crainte qu'il est impossible de voir dans la rapidité avec laquelle ce mouvement s'exécute, ni l'influence de l'absence de l'oxygène, ni celle de l'évaporation. Ces deux causes ont à peine pu faire ressentir leur effet quand l'étamine se recourbe. Pour ce qui touche à la suspension du mouvement provoqué, il résulte de nos expériences que ni l'une ni l'autre de ces deux causes ne paraît influencer plus particulièrement dans le même laps de temps le mouvement spontané des *Ruta* qui continue son évolution dans le vide comme dans l'air, et il faut dès-lors, pour comprendre ce phénomène, se rejeter sur l'intervention d'une action vitale particulière. L'évaporation se produit avec une égale intensité dans l'étamine de *Rue* et de *Berberis* (le flétrissement rapide de la corolle de part et d'autre en est une preuve) ; l'absence de l'oxygène doit vraisemblablement avoir aussi les mêmes conséquences dans le même laps de temps : il faut donc en conclure que la différence d'action de ces deux causes tient à une susceptibilité spéciale des cellules sensibles. Quoi qu'il en soit, le mouvement spontané finit par être atteint lui-même, et il s'arrête dans le vide bien plus rapidement que dans l'air. Ici, l'absence de l'oxygène

doit avoir une influence marquée, car le flétrissement de l'organe qui devrait résulter de la rapide déperdition de l'eau n'est pas très-accentué. Par contre, faut-il croire que la présence de l'oxygène pur, comme l'ont avancé quelques auteurs, est capable d'exciter les mouvements des végétaux ?

Peschier[1] dit avoir placé un rameau vigoureux de *Berberis* dans une atmosphère oxygénée, et n'avoir constaté aucune augmentation de l'irritabilité; d'autre part, Kabsch[2] avance que l'oxygène pur détermine dans l'espace d'une demi-heure un état de rigidité dont les étamines se débarrassent par l'exposition à l'air ordinaire. Devant ces résultats contradictoires, nous avons cru devoir reprendre ces expériences, et nous n'avons constaté ni cette insensibilité, ni cette rapidité d'action. Notre oxygène étant obtenu par la décomposition du *chlorate de potasse*, nous y avons maintenu les fleurs de divers *Berberis* et *Mahonia* sans rien observer d'abord : au bout de 3 heures, l'irritabilité subsistait, mais le mouvement produit après une excitationavait perdu la moitié de son amplitude. Après 5 heures d'exposition, le mouvement était à peine sensible ; à la 6e heure, il avait disparu, mais revenait après exposition de 35 minutes à l'air. — Il faut rapprocher de ces faits l'action de l'air comprimé. Par une température de 25° C., nous avons placé un rameau de *Berberis* dans un appareil à comprimer l'air, et nous avons constaté qu'à la pression de 1 1/2 atmosphère toutes les étamines se contractent en bloc et demeurent dans cet état tant que dure la compression. Dès que la pression devient normale, les étamines retournent en état de détente, à la condition que la compression n'ait pas dépassé 6 atmosphères. Dans ce dernier cas, l'irritabilité a disparu sans retour. On voit donc que le manque d'air et la pression déterminée par l'excès de ce gaz produisent des effets comparables.

L'action des différents gaz a été pour nous l'objet d'une étude particulière qui a porté d'abord sur les substances qui n'occa-

[1] Mémoire du *Journal de Physique*, an II.

[2] *Loc. cit.*, 1841, pag. 358.

sionnent, par le contact, aucune action irritante connue, et que nous appellerons par conséquent *neutres*.

Kabsch[1] déclare que l'azote a fait perdre rapidement leur irritabilité aux *Berberis* au bout d'un laps de temps dont il ne précise pas la durée, et que cette propriété fait retour après 10 à 15 minutes d'exposition à l'air, mais qu'un séjour *un peu plus long* dans l'azote les rend à jamais immobiles. Nous ne pouvons confirmer la rapidité d'action indiquée par Kabsch, car il n'a pas fallu moins de 24 heures de contact des différents *Berberis* et *Mahonia* avec l'azote obtenu après la combustion du phosphore, pour constater un commencement d'insensibilité dissipée par 20 minutes d'exposition à l'air. Ce n'est qu'après 2 jours de ce même contact que l'état rigide se produisit. Il y a donc lieu, à l'égard de cette expérience de Kabsch, de prendre partiellement en considération l'appréciation de Sachs, ainsi formulée : « Il ne me semble pas que Kabsch ait pris, dans ses expériences, des précautions suffisantes contre l'introduction d'un gaz délétère, qui serait ici l'*oxyde de carbone*[2]. » Nous nous demandons, de notre côté, d'où pourrait provenir dans le gaz azote la présence de l'oxyde de carbone dont Sachs suppose l'existence.

Le protoxyde d'azote, en raison des propriétés anesthésiques dont on l'a gratifié depuis H. Davy, devait entrer dans le cadre de notre expérimentation. Ce gaz, que quelques auteurs ont cru propre à entretenir la respiration par sa décomposition en oxygène et azote, ne nous a paru ni anesthésique ni respiratoire. Nos résultats sur les *Berberis* et les *Mahonia* n'ont fait du reste que confirmer les expériences de MM. Jolyet et Blanche, sur les animaux et sur divers végétaux[3]. Ces auteurs ont reconnu à ce gaz la propriété anesthésique, mais comme simple conséquence de l'asphyxie qu'il détermine chez les animaux et chez les végétaux plongés dans son atmosphère.

Nous avons maintenu pendant 24 heures, sous une cloche

[1] *Loc. cit.*, 1862, pag. 347.

[2] *Physiologie végétale*, trad. Marc Micheli, pag. 287.

[3] *Compt.-rend. de l'Acad. des Sc.*, 7 juillet 1873.

renfermant du protoxyde d'azote épuré (obtenu par l'azotate d'ammoniaque), des rameaux floraux récemment épanouis, et au bout de ce temps l'irritabilité était aussi accentuée que dans les rameaux témoins. Le flétrissement bien apparent qui se remarquait dans les pétales témoignait d'une action toxique que l'état de turgescence des rameaux témoins dans l'air rendait plus évidente. Après 36 heures de contact avec ce gaz, l'irritabilité avait disparu, sans pouvoir même être rappelée par l'exposition prolongée à l'air. Kabsch dit[1] avoir vu dans une cloche pleine de ce gaz pur, les étamines de *Berberis* se courber sur le pistil après 1 1/2 à 2 minutes et perdre leur irritabilité. Rien de semblable n'a pu être observé par nous; nous penchons donc à admettre que, quoi qu'en dise l'auteur, il n'a pas expérimenté sur des gaz à l'abri de tout reproche d'impureté.

L'hydrogène pur ne nous a point paru produire les effets rapides qu'indique Kabsch. Cet auteur prétend que les étamines sont insensibles après quelques minutes d'exposition : c'est en 12 heures que nous avons obtenu ce résultat, et dans ce cas l'irritabilité a été perdue sans retour. Dans l'air mélangé à parties égales et même au tiers d'hydrogène, l'irritabilité a conservé très-longuement (3 jours) son intensité ordinaire. Malgré les résultats contradictoires de Kabsch, nous pensons donc que ce gaz est inerte et que l'asphyxie déterminée par le manque absolu d'oxygène est la seule cause des effets que nous venons d'indiquer, effets très-rapprochés de ceux qui se produisent dans le vide.

Les vapeurs d'acide sulfureux et d'acide phosphorique (par combustion du soufre et du phosphore sous une cloche) déterminent immédiatement la contraction : après 1/2 heure de contact, quand l'espace n'est pas saturé, l'irritabilité a disparu sans retour; quand il y a saturation, la mort de l'organe est rapide. — Les vapeurs d'acide arsénieux ne produisent aucune irritation ; mais si on maintient pendant un certain temps un rameau floral dans le milieu qui les renferme, la mort de ces or-

[1] *Bot. Zeitung*, 1862, pag. 350.

ganes survient à peu près en même temps que la disparition de l'irritabilité. Dans les rameaux qui ont survécu, cette propriété ne revient pas après exposition à l'air libre.

Le chlore, gaz irritant, produit, mais moins rapidement toutefois que l'ammoniaque, une contraction : après 7 minutes de contact, les fleurs sont décolorées et les étamines frappées de mort dans l'état de courbure. Si l'on se contente d'exposer au-dessus d'un flacon d'*eau chlorée* une cupule florale ayant les étamines à l'état de repos, on constate une contraction immédiate de tous ces organes ; si on retire la fleur dès que ce résultat est produit, l'irritabilité fait retour. Mais si l'on prolonge le contact avec le gaz, il se produit en 10 minutes, à l'air libre, ce que nous venons d'indiquer dans un espace clos. L'eau chargée de ce gaz détermine une irritation quand on en verse une goutte sur la fleur ; si elle y demeure, la mort ne tarde pas à survenir.

Par son action, l'acide cyanhydrique (solution médicinale au 10e) se rapproche de l'ammoniaque, en ce sens que l'irritation se traduit avec les deux corps par une contraction ; mais elle est plus tardive et demande de 8 à 10 minutes d'action avec le premier. De plus, et c'est là un caractère très-différentiel, l'organe après ce mouvement revient normalement à la position de repos, même quand on persiste à laisser la fleur en contact avec les vapeurs cyaniques. Toutefois, si ce contact est prolongé pendant 18 à 20 minutes, le retour ne se produit plus. Gœppert affirme[1] que l'acide cyanhydrique sous la forme gazeuse enlève rapidement l'irritabilité. Nous n'avons pas pu constater cette rapidité d'action ; cependant il est probable qu'en raison du danger que présente le maniement de cette substance, l'auteur l'a employée sous l'état que nous venons d'indiquer. Pour nous, ces résultats seraient acceptables seulement dans le cas où Kabsch aurait plongé ses fleurs dans une cloche remplie de ce gaz, condition que nous n'avons pas examinée. L'auteur ne fait du reste pas connaître les circonstances dans lesquelles il a opéré.

[1] *Loc. cit.*, pag. 43.

Nous arrêtons là l'énumération de quelques substances dont l'action sur les animaux est bien connue, et nous voyons qu'en somme ces manières d'être accentuent encore le rapprochement esquissé dans nos Considérations générales. Nous allons voir, par l'étude de l'action des anesthésiques, ce rapprochement devenir plus frappant encore.

En dehors des corps connus comme anesthésiques avérés et dont l'action a été minutieusement étudiée sur les animaux, il existe dans la classe des corps désignés en thérapeutique sous le nom d'*excitants diffusibles*, et surtout parmi les corps volatils, des substances auxquelles on a voulu reconnaître la propriété de suspendre la sensibilité[1]. Gœppert signale ce fait (nous l'avons déjà indiqué) que le camphre lui a paru être un anesthésique sinon prompt, du moins sûr. « Mais, dit-il, si l'on soustrait à temps la vapeur de camphre, on peut faire renaître dans quelques cas cette propriété. » Tels ne sont pas les résultats que nous avons obtenus. Nous avons placé des fleurs de *Mahonia* et de *Berberis* dans des cloches de 500 c. m. cubes de capacité ; ces espaces restreints avaient été au préalable saturés de vapeurs de camphre à la température de 20 à 25° par l'évaporation de 5 gram. de cette substance dans chacune d'elles, et après plusieurs jours d'observations continues nous n'avons pas remarqué la moindre disparition de l'irritabilité. Il en a été de même avec les essences de *thym*, de *lavande*, de *romarin*, de *térébenthine* et de *fenouil*, qui, malgré les affirmations contraires du même auteur, restèrent sans action, comme la benzine et l'acide phénique. Il est à remarquer cependant que dans les cloches saturées de ces essences, le flétrissement des organes foliaires se produisait plus rapidement qu'à l'air libre, et que l'irritabilité disparaissait plus rapidement que dans les rameaux témoins, mais pas avant 48

[1] Quelques thérapeutistes admettent volontiers, mais sans preuves encore bien établies, que toutes les substances volatiles et les excitants diffusibles en particulier sont doués de propriétés anesthésiques. Il nous a paru intéressant de voir si, dans le cas qui nous occupe, ces substances produisent une action comparable à celle que quelques auteurs leur ont reconnue (anesthésique) sur les animaux inférieurs.

heures d'exposition. Ne faut-il pas tenir grand compte, dans le cas actuel, de la viciation de l'atmosphère confinée? Le mercure entre au nombre des substances auxquelles le même auteur accorde (sans dire en combien de temps) la propriété de suspendre l'irritabilité. Après avoir maintenu en juillet (température moyenne 24°) des fleurs de *Berberis* pendant 4 jours sous une cloche placée au-dessus du mercure, aucun autre phénomène ne s'est présenté que le flétrissement prématuré des organes foliaires et la disparition définitive (sans période momentanée) de l'irritabilité. On sait que les vapeurs mercurielles suspendent la respiration chlorophyllienne ; ce résultat n'offre donc rien de surprenant.

Nous ne dirons rien de l'action de l'acide carbonique, qui agit d'une façon bien connue comme gaz asphyxiant, dès que sa décomposition ne peut pas être produite[1].

L'oxyde de carbone, qui est rangé parmi les anesthésiques des animaux supérieurs, nous a montré une action rapide : il n'a pas fallu plus de 10 à 15 minutes pour que la sensibilité fût suspendue. Sachs affirme, à propos de ce gaz, que mêlé à l'air dans la proportion de 20 à 25 p. 0/0 il annule la sensibilité, tandis que le protoxyde d'azote se montre indifférent. Nos résultats nous montrent au contraire la nécessité de la pureté du gaz pour obtenir une insensibilisation prompte, et le mélange de l'air dans les proportions indiquées par Sachs nous a donné un gaz à peu près inactif. Quant au protoxyde d'azote, nos recherches déjà indiquées confirment dans une certaine mesure l'assertion de Sachs.

Après ce court exposé sur des substances dont l'action est

[1] J. Sachs (*loc. cit.*, pag. 1037) dit qu'il faut considérer l'effet de l'acide carbonique pur ou mêlé à l'air dans les proportions de 40 p. 100 comme un véritable empoisonnement. Dans le cas spécial qui nous occupe, cette manière de voir n'est pas absolument exacte, d'abord parce que nous n'avons vu aucun changement se produire dans ce mélange de gaz, et ensuite parce que l'empoisonnement ne pourrait pas être enrayé, s'il existait véritablement, par une simple exposition à l'air ordinaire, ce qui se produit cependant tant que l'irritabilité n'est pas anéantie. Ce dernier phénomène sert ici de mesure à l'action asphyxiante de l'acide carbonique.

discutée, nous arrivons naturellement aux anesthésiques vrais, les plus usités, les mieux connus, et dont l'étude sur les végétaux n'a donné naissance jusqu'ici qu'à des notions isolées. Gœppert reconnut sur les *Berberis* l'action insensibilisante du sulfure de carbone. Comme ce physiologiste, nous avons vu ce corps volatil agir assez rapidement : qu'on verse quelques gouttes (7 à 8) de cette substance sous une cloche de trois litres de capacité, recouvrant des rameaux floraux, et au bout de 12 à 20 minutes l'anesthésie des étamines est complète. Si on prolonge la durée de cette action, on ne tarde pas à voir noircir les fleurs et l'irritabilité disparaître sans retour.

L'éther sulfurique a une action moins rapide et surtout moins corrosive que l'acide sulfocarbonique : entre 10 à 12 minutes, dans les conditions ci-dessus indiquées (elles ont toujours été réalisées pour l'uniformité des expériences), l'anesthésie se manifeste sans qu'on ait à redouter l'action caustique, laquelle n'est apparente qu'après 4 heures de contact avec ce corps et après augmentation de la dose [1]. Quand l'insensibilité est produite, si on porte ces organes à l'air libre, on constate le retour rapide de l'irritabilité encore accéléré par l'agitation de l'air. En général, un de ces organes anesthésié met à revenir dans les conditions normales le temps qu'il a employé à perdre son insensibilité. Une remarque importante applicable à tous les autres anesthésiques doit être faite à propos de l'action de ce corps. Ces agents n'éteignent la sensibilité des filets des Berbéridées que dans la position de repos : si on irrite les étamines et qu'on veuille les anesthésier dans cet état, on voit ces organes quitter peu à peu le stigmate et revenir à la position de détente : elles parcourent cet espace en un temps plus long que dans les conditions ordinaires, si bien que, quand elles arrivent à être couchées sur la corolle, l'*éther* a eu le temps de produire son effet : elles sont anesthésiées. La

[1] Nous ne parlons pas ici de l'action de contact de ce liquide sur l'organe lui-même, comme l'a pratiqué Gœppert : dans ces conditions, il se produit tout d'abord une action excitante due à la causticité du liquide; l'insensibilité vient ensuite si l'organe n'a pas été brûlé.

Sensitive, au contraire, est frappée d'immobilité par les mêmes agents dans la position où le pétiole se trouve avant ou après une irritation. Cette différence, qui fixa tout d'abord notre attention, nous avait fait supposer déjà qu'il devait y avoir dans ces deux organes mobiles une manière d'être spéciale des cellules irritables.

Les éthers chlorhydrique chloré et nitrique ont agi comme l'éther sulfurique. L'éther acétique est resté sans effet.

Leclerc, de Tours[1], après avoir un des premiers employé l'éther sulfurique pour détruire les mouvements de la Sensitive, étendit ses expériences au chloroforme dès 1841, et remarqua judicieusement que cet agent est plus rapidement suspenseur de la motilité que l'éther. Depuis, divers auteurs ont appliqué cet anesthésique aux Berbéridées et en ont obtenu des résultats divers. Nous en avons constaté la rapidité d'action et reconnu qu'après 6 à 8 minutes d'exposition aux vapeurs de ce composé le mouvement est suspendu, tant dans les *Mahonia* que dans les *Berberis*. M. Jourdain (*loc. cit.*) affirme avoir anesthésié les *Mahonia* après 1 minute d'action, et avoir observé le retour d'iritabilité après 20 à 30 minutes d'exposition à l'air libre ; il ajoute que si l'expérience est continuée pendant 2 ou 3 minutes, l'irritabilité met plus de temps à reparaître, et que la mort de la fleur a lieu enfin, si on prolonge l'action du chloroforme pendant 10 à 15 minutes. L'auteur ne dit pas sur quelle espèce de *Mahonia* il a opéré et dans quelles conditions son expérience a été réalisée ; mais l'écart

[1] *Compt.-rend. de l'Acad. des Sc.*, tom. XXXVIII, pag. 1059 ; et tom. LX, pag. 1224. — Cet auteur prétend avoir narcotisé les Sensitives en les arrosant avec du *laudanum*. Nous n'avons rien obtenu de semblable, et en cela nous sommes d'accord avec Gœppert, qui dit que ce poison est sans action sur la Sensitive. D'un autre côté Müller, d'après Reveil (*De l'action des poisons sur les plantes*, pag. 88, Paris, 1865), assure qu'il diminue les mouvements de cette plante, et Marcet affirme que les mouvements des étamines d'un rameau d'*Épine-vinette* plongé dans la solution d'opium ont été anéantis. — De quelque façon que nous ayons varié l'expérimentation, en nous tenant à l'application extérieure, les résultats ont été nuls : nous pensons donc, comme Reveil, que ces divergences doivent être attribuées aux modes différents d'expérimentation qui ont été employés.

considérable qui existe entre les temps employés par M. Jourdain et par nous, pour arriver aux mêmes résultats, nous portent à supposer qu'il a eu entre les mains des fleurs très-anciennes, déjà flétries, et dans lesquelles l'irritabilité était tout à fait à son déclin. En plaçant un rameau floral récent de *Mahonia aquifolium* sous une cloche d'un litre pleine des vapeurs données par 50 gouttes de chloroforme (dose forte) à la température de 18° C., nous n'avons jamais observé la disparition de l'irritabilité avant 8 minutes ; le retour de cette propriété s'est produit en plein air en 10 minutes environ quand l'air n'était pas agité, et un peu plus tôt dans le cas contraire. Ce retour n'a pas été plus long quand nous avons prolongé le contact de 5 à 6 minutes, et la disparition complète de la sensibilité ne s'est jamais produite avant 35 minutes d'exposition. — Nous devons dire ici (et nous relatons ce fait pour montrer un rapprochement de plus avec les animaux) que nous avons pu prolonger, en appliquant au cas actuel le procédé de Cl. Bernard, la durée de l'insensibilité en faisant absorber par la méthode hypodermique, à l'organe anesthésié, une dose minime de *chlorhydrate de morphine* en solution à 0gr,01 pour 10 gram. eau distillée.— La solution narcotique versée dans la fleur fut absorbée seulement après que des incisions longitudinales et transversales eurent été pratiquées sur toute l'étendue de la face concave de l'étamine endormie. Avant cette opération, la solution n'avait pas agi parce qu'elle n'avait pas pénétré, ce qu'expliquerait peut-être l'absence de stomates sur toute l'étendue de l'organe. Le narcotique étant absorbé, au contraire, la période d'insensibilité fut prolongée de 15 minutes environ, et, en renouvelant la dose, ce temps put être porté à plusieurs heures.

Le chloroforme conserve sa propriété anesthésique, même lorsqu'il agit sur des fleurs immergées dans l'eau, où nous savons qu'elles demeurent irritables. Nous l'avons constaté en laissant tomber avec une pipette une goutte de ce composé sur un point de la surface de l'eau placé verticalement au-dessus d'une fleur épanouie. Le chloroforme, en raison de sa densité, venait se loger dans la cupule florale, mais sans produire l'action irritante

qu'on remarque, dans l'air, après la même opération, et qui se traduit alors par la contraction immédiate de toutes les étamines qui l'ont subie. En 15 minutes environ, l'insensibilité est produite : elle se dissipe assez rapidement (12 à 16 minutes), surtout si on a soin de secouer la fleur, et par conséquent de renouveler les surfaces liquides en contact avec les organes mobiles. L'éther ne donne pas les mêmes résultats, et cela s'explique par la différence de densité des deux liquides ; cependant, quand on l'emploie en quantité suffisante et qu'on le mélange à l'eau en bonnes proportions, l'insensibilité s'obtient ; mais dans ce cas il faut mettre en œuvre, eu égard à la masse d'eau, beaucoup plus de substance que dans le même espace rempli d'air.

A côté du chloroforme vient naturellement se placer l'étude du *chloral hydraté*, dont nous avons tenu à connaître l'action en raison du désaccord qui règne entre les physiologistes sur la manière dont il agirait à l'égard des animaux [1].

A l'exemple d'autres chercheurs, nous avons employé le chloral à l'état de vapeurs et à l'état de solution aqueuse. Dans le premier cas, un fragment du poids de $2^{gr},50$ de ce corps, obtenu aussi pur que possible, fut placé sous une cloche d'un demi-litre de capacité en même temps qu'un rameau de *Berberis* et de *Mahonia*. — Dans une cloche de même capacité, deux mêmes rameaux furent placés au-dessus d'une capsule contenant la moitié de ce poids ($1^{gr},25$) de chloroforme, et l'insensibilité fut prompte à se montrer. — Dans l'atmosphère de chloral, rien ne s'étant produit après 3 heures d'observation assidue, nous augmentons la dose de 1 gram. et nous multiplions par la pulvérisation du chloral l'étendue des surfaces d'évaporation. Rien ne s'observe deux heures après. — Nous varions les conditions de l'expérience en plongeant par leur pied de nouveaux rameaux floraux dans une solution de chloral au 10e : ils conservent leur

[1] Les faits qui précèdent et ceux qui suivent ont fait le sujet de plusieurs de nos communications à l'Académie des sciences (*Comptes-rendus*, 7 décembre 1873, 23 mars 1874).

irritabilité après 2 heures d'imbibition, et l'insensibilité finit par apparaître en même temps que la mort de l'organe. Dans un autre verre, d'autres rameaux sont immergés dans 40 gram. d'eau ordinaire mêlés à 4 gram. de chloroforme : le tout étant souvent agité et placé sous une cloche, l'anesthésie se produit dans le temps ordinaire. La solution chloralée versée dans les cupules florales est également restée sans effet. Le chloral, sous toutes les formes capables de favoriser son absorption, est donc sans action sur le mouvement spontané. Mélangé à un alcali (carbonate de soude) et transformé par conséquent en chloroforme, il a agi rapidement. Nous relatons ces faits, non-seulement à cause de leur intérêt au point de vue qui nous occupe, mais encore parce qu'ils semblent confirmer l'opinion de certains physiologistes qui, d'après les résultats obtenus sur l'homme et sur les animaux, ne voient dans cette substance qu'un agent sans action, incapable de propriétés anesthésiques avant sa transformation en chloroforme par l'action des alcalis renfermés dans les liquides de l'économie.

Nous terminerons cette longue énumération en donnant les résultats que nous a fournis l'emploi d'une substance dont on s'est trop peu occupé jusqu'ici en tant qu'agent anesthésique, à cause sans doute de la difficulté que présente sa préparation ; nous voulons parler du *bromoforme*.

Ce corps, de la même série que le chloroforme et semblable à lui par ses propriétés physiques, avait été obtenu par l'action du brome sur l'esprit de bois dans lequel on avait fait dissoudre de la potasse. En observant les précautions d'usage, nous avons obtenu, dans tous les cas, l'insensibilité en 5 à 7 minutes, et le retour de l'irritabilité après 8 à 10 minutes d'exposition à l'air. Comme avec le chloroforme, nous avons déterminé l'insensibilité sous l'eau (sans irritation préalable), ce qui s'explique par la forte densité du liquide (2,13). Ces faits sont en concordance parfaite avec ceux, peu nombreux encore, qui résultent de l'expérimentation sur les animaux et qui font du bromoforme le plus rapide des anesthésiques[1].

[1] L'action comparée des divers agents anesthésiques sur ces organes a donné le

Nous ne parlerons pas du but physiologique du mouvement dans les organes que nous venons d'étudier ; pour tout esprit judicieux, il est évidemment destiné à favoriser la fécondation.

Si maintenant nous parcourons, dans un coup d'œil d'ensemble, les résultats qui nous sont fournis par l'emploi des diverses substances dont l'action est à peu près connue sur les animaux, nous voyons que, sauf quelques différences difficiles à expliquer et qui sont peut-être attribuables à des défauts d'expérimentation, les tissus doués de mouvement provoqué que nous venons d'étudier répondent à l'influence de ces substances d'une manière comparable à celle qui caractérise les animaux. Ces recherches montrent, à notre avis, l'unité vitale sous un jour aussi accusé qu'elle apparaît dans d'autres fonctions dont l'étude comparée dans les différents termes de la vie organique fait tomber chaque jour peu à peu les barrières *infranchissables* posées par les premiers observateurs entre les deux règnes. Nous allons voir que, sans violenter les faits, les mêmes conclusions pourront être déduites des recherches que nous allons poursuivre sur les autres organes irritables, et dès lors la justesse de l'idée renfermée dans la phrase qui sert d'épigraphe à ce travail en ressortira avec une nouvelle force.

§ II. Du mouvement provoqué dans les lamelles stigmatiques des SCROPHULARINÉES, des BIGNONIACÉES, des SÉSAMÉES, des GOODÉNIACÉES et des BRUNONIACÉES.

Historique.— Ces phénomènes connus, depuis longtemps, sont cependant les moins étudiés parmi les manifestations provoquées de l'irritabilité végétale, et il est surprenant de constater qu'au milieu des nombreuses et récentes recherches sur la motilité des végétaux, ils n'occupent qu'une place insignifiante. Les auteurs

classement suivant : 1° bromoforme (5 à 7 minutes) ; 2° chloroforme (8 à 15) ; 3° oxyde de carbone (10 à 12) ; 4° éther sulfurique (10 à 18) ; 5° sulfure de carbone (12 à 20). Les différences indiquées par les deux chiffres sont attribuables à la diversité des espèces mises en expérience.

anciens et modernes, en se contentant de les mentionner, les ont du reste confondus, les uns et les autres, avec les mouvements spontanés qu'on observe dans quelques organes femelles, notamment dans ceux des *Nigelles*, des *Passiflores*, etc., et le peu de soin qu'on prit de les rechercher fut peut-être le résultat d'une étrange appréciation émise par un des plus grands botanistes de notre siècle. En effet, pour De Candolle[1], les organes femelles seraient frappés d'une sorte de *réserve pudique caractéristique de leur sexe*, qui y rendrait le mouvement plus rare que dans les étamines. En regrettant que cette opinion ne soit pas suffisamment justifiée, nous allons passer rapidement en revue les progrès bien lents que firent ces notions peu précises sur cette irritabilité spéciale, depuis Linné jusqu'à nos jours. Dans cet exposé rapide nous séparerons, bien entendu, les mouvements provoqués des mouvements spontanés, avec lesquels ils sont partout si malencontreusement confondus.

En 1735, le grand botaniste Suédois reconnaît ce mouvement dans la *Gratiole*[2]. Adanson, en 1763, confirme, d'après Medikus[3], cette observation en l'étendant aux lèvres stigmatiques des *Gentiana lutea*, *Martynia annua* et de quelques *Bignonia*. Kœlreuter, indiqué à tort par Pfeffer[4] comme l'auteur de ces dernières découvertes, n'en parla que postérieurement à Adanson; mais il lui revient l'honneur d'avoir remarqué le même phénomène en 1766, dans les *Bignonia radicans* et *Catalpa*. Peu après les observations de Conrad Sprengel (1793) sur le *Bignonia paniculata*, Medikus lui-même (*loc. cit.*) crut reconnaître le mouvement dans les stigmates des *Justicia ciliris* et *hysopifolia*, *Lavandula dentata* et *latifolia*, dans une Capparidée, le *Cleome arabica*, enfin dans les *Lobelia syphilitica*,

[1] *Physiologie végétale*, 1832, tom. XI, pag. 18.

[2] Dans son *Sponsalia plantarum* (Amœnitates academicæ, tom, I, pag. 90). Linné dit: «Gratiola œstro venereo agitata, *pistillum stygmate hiat*, rapacis instar draconis, nil nisi masculinum pulverem affectans: at satiata *rictum claudit*, defloresci, fœcundata fructum fert.»

[3] *Pflanzen physiolog. Abhandlungen*, 1803, pag. 83 à 89.

[4] *Physiologische Untersuchungen*. Leipzig, 1873, pag. 151.

erinus et *erinoides*[1]. Il est étonnant que Desfontaines (*loc. cit.*), dans sa longue étude sur les mouvements des organes reproducteurs, ait complétement omis ceux qui nous occupent, sans avoir eu à cœur de relater ceux qui étaient connus même avant son temps. Il faut arriver à notre époque pour trouver la notion bien acquise, du même phénomène, à la fois dans les stigmates des *Mimulus*, *Diplacus*, *Goodenia*, *Tecoma*, et dans les styles des *Stylidiées*[2]. C'est à la date du 24 juillet 1867 seulement que M. Clos découvrait les mêmes faits[3] dans les deux lames stigmatiques des *Tecoma grandiflora* (Delaun.), *radicans* (Jus.), *jasminoides* (Don) et des *Catalpa bignonioides* (Valt.) et *Bungei* (C.-A. Mey.). Enfin, appréciant le *desideratum* émis par le savant Professeur de Toulouse dans la même note (*loc. cit.*) sur l'utilité de connaître : 1° Si le mouvement ne serait pas un caractère général à tous les stigmates lamelleux ; 2° Si ce n'est pas un caractère spécial à toute la famille des Bignoniacées, nous avons porté nos recherches sur tous les organes revêtant cette forme que le hasard a placés sous notre main, et nous avons pu nous convaincre que, dans les Bignoniacées comme dans toutes les autres familles, la forme bilamellaire semble entrainer fatalement la naissance de l'irritabilité lorsque ces lames n'ont pas une épaisseur trop considérable eu égard à leur longueur. Parmi les plantes de cette famille que nous avons pu observer, nous pouvons indiquer comme inconnus jusqu'ici le *Jacaranda mimosæ-*

[1] Pour ce qui touche aux *Acanthacées*, aux *Labiées* et à la *Capparidée* ci-dessus nommées, nous n'avons aujourd'hui à émettre, comme l'a fait Pfeffer (*loc. cit.*), que des doutes pleins de réserve sur la réalité du phénomène; mais en ce qui concerne les *Lobéliacées*, nous nous sommes assuré qu'il y a là une erreur d'observation : ces organes femelles ne présentent pas le phénomène d'irritabilité.

[2] Nous ne croyons pas devoir faire mention ici de l'observation de D. Don (*Ann. des Sc. nat.*, tom. XIII, 1828), qui attribue l'irritabilité *au stigmate* du *Pinus larix* : si le mouvement existe (nous n'avons jamais pu le produire), l'organe dans lequel il se trouve ne pouvant pas être considéré comme un stigmate, le fait sort complétement du cadre que nous nous sommes tracé, et nous en avons dès lors négligé l'étude.

[3] *Bulletin de la Société botanique de France*. 1869, pag. 114.

folia (Don) et l'*Amphicome arguta* (Royl.), qui jouissent manifestement de cette propriété ; chez d'autres familles nous avons trouvé les *Scævola* de Nouvelle-Calédonie (Goodéniacées) et les *Brunonia* australiens qui nous ont montré une véritable irritabilité dans leurs *indusies* en forme de *coupes*, mais moins accentuée toutefois que dans le plus grand nombre des stigmates bilamellés.

Tels sont les faits connus : ils se réduisent, en somme, à une simple constatation, et dans ces conditions nous avons pensé qu'il était nécessaire, pour répondre au titre de notre travail, de nous appesantir le plus possible sur un phénomène aussi intéressant que peu étudié jusqu'ici.

Reconnaissance et description du mouvement. — Notre premier soin devait être de faire reposer sur les données expérimentales déjà indiquées, la différenciation résultant de la simple observation que nous avons établie dans ces mouvements en les divisant en spontanés et provoqués. L'influence des anesthésiques, en nous montrant un arrêt de mouvement dans les *Mimulus* et les *Martynia*, par exemple, sans que le même phénomène fût atteint dans les *Nigelles*, les *Œnothères*, les *Passiflores*, etc., nous a prouvé que ces divisions s'imposaient aussi bien dans les organes femelles que dans les mâles, et reposaient sur une base physiologique inébranlable. Nous croyons inutile de répéter ici le détail des expériences dont nous avons déduit cette appréciation; elles ont été faites d'après la méthode indiquée dans le Chapitre Ier pour ce qui a trait à la différenciation du mouvement des Berbéridées et des Rutacées. Ce point important établi, nous entrons dans le cœur du sujet lui-même en disant que nos recherches ont porté sur tous les groupes indiqués en tête de ce paragraphe, et que parmi les familles signalées nous avons choisi, pour le contrôle des expériences, les types les plus faciles à se procurer et, pour la facilité de l'étude, ceux qui sont le mieux doués au point de vue du phénomène que nous étudions. Il existe en effet, parmi ces organes lamellaires, de grandes variations dans le degré de leur irritabilité; et comme il importait, pour la commodité de l'observation, de

connaître ce phénomène dans sa plus haute intensité, nous avons porté notre choix sur les *Martynia lutea* (Lindl.), et *proboscidea*, (H. Kew.), dans lesquels la sensibilité est à son summum. Les expériences, sauf indication contraire, ont été faites sur les stigmates de ces Sésamées, dont les mouvements sont rapides et toujours assurés.

Si on prend un jeune bouton de ces fleurs (elles paraissent en juin et juillet) et qu'on suive l'évolution des organes reproducteurs, on remarque que le stigmate offre, avant l'anthèse, ses deux lamelles parfaitement accolées et réunies verticalement en une seule lame qui fait suite au style. Cette règle, qui peut être étendue à presque tous les organes similaires mobiles, présente cependant une exception dans tous les *Tecoma* chez lesquels l'écartement des lèvres stigmatiques a lieu bien avant que la fleur ne soit épanouie ; nous avons souvent constaté ce fait. Quoi qu'il en soit, dès que la corolle s'ouvre, les deux lèvres ne tardent pas à s'éloigner l'une de l'autre et commencent cette séparation en se recourbant par leur sommet, pour arriver enfin à la position horizontale. Toutefois, le plan formé par les deux lèvres écartées n'est pas absolument horizontal ; il est formé par l'accolement de deux courbes que réunit la ligne d'attache stylaire. En thèse générale, dans chaque lame stigmatique, la face interne est papilleuse (Pl. III, *fig.* 1, 3, 8.), surtout sur les parties qui avoisinent les bords; au contraire, un épiderme lisse recouvre la face externe. Porte-t-on, dans le but de déterminer un mouvement, une égale irritation alternativement et après un temps de repos intermédiaire sur l'une et sur l'autre de ces deux faces, on remarque une différence qui est toute à l'avantage de la sensibilité de la face interne. Dans le plus grand nombre des cas, en effet, la face externe demeure complétement insensible à l'excitation, soit par contact, soit par piqûre. Il faut pourtant faire exception pour les *Martynia*, *Mimulus* et *Amphicome*, où l'irritabilité est répandue à un degré égal sur les deux faces, et cela sans qu'aucune disposition anatomique vienne expliquer la différence observée à cet égard entre ces plantes et les

autres; mais le fait général n'en reste pas moins avec son caractère de singularité qui empêche de le passer sous silence. Il contraste avec la règle générale posée par Sachs [1], à savoir : que, dans les organes irritables, c'est la face devenue concave qui est *sensible* et se *raccourcit*. Ici, sauf les exceptions indiquées, c'est le contraire qui se produit bien manifestement.

Barsch [2], le seul botaniste qui se soit, quoique très-superficiellement, occupé de ce mouvement spécial, affirme qu'il convient, pour le rendre plus rapide, d'irriter le confluent des deux lèvres. Nous avons constaté que cette recommandation, utile dans certains cas, est absolument superflue pour ce qui touche aux espèces étudiées par l'auteur : que l'on porte une irritation même très-faible sur un point quelconque de la face convexe des *Mimulus*, et le mouvement se produit avec une rapidité égale. Cependant il est des organes plus réfractaires à l'irritation et dans lesquels, comme le montrent le *Catalpa syringifolia* (Sims) et tous les *Tecoma*, l'irritabilité semble s'être concentrée au lieu de convergence des deux lames. Dans ces stigmates, l'attouchement ou la piqûre porté sur tout autre point de la face supérieure que celui de jonction ne donne lieu souvent à aucun phénomène de mouvement, ou tout au moins faut-il, quand on l'a fait naître, pour arriver à un résultat égal, produire une excitation d'autant plus profonde qu'on s'est éloigné davantage du centre de jonction. C'est ce mouvement qu'il convient maintenant de faire connaître en détail, puisque nous savons comment on peut le provoquer. Deux cas doivent être examinés : l'irritation peut porter sur les deux lamelles à la fois ou bien sur une seule. Dans les deux cas, il y a double mouvement, mais sous des formes différentes. Nous examinerons d'abord la seconde alternative.

Dès qu'une irritation, après avoir porté sur un point sensible, a été suffisante pour exciter la motilité, on voit la lèvre sur laquelle elle a été appliquée dérouler d'abord doucement sa cour-

[1] *Traité de botanique*, traduction Van Tieghem, pag, 1028.

[2] *Ueber Mimulus moschatus und guttatus*. (Botanische Zeitung, 1861.)

bure inférieure, pour se mettre en position rigoureusement horizontale. Cette position étant acquise par le simple relèvement des bords de l'organe, la lamelle se meut tout d'une pièce, et généralement avec une grande rapidité, pour aller occuper la position verticale, qu'elle atteindra après avoir décrit un angle de 90° environ. Qu'on observe bien attentivement l'intensité du mouvement de la lamelle pendant que cet espace est franchi, et l'on verra, après que l'organe a franchi la moitié du parcours, le mouvement, jusque-là précipité, s'atténuer au point que, si les premiers 45° ont exigé un temps représenté par 1, la deuxième moitié du chemin demandera un temps représenté par 2 pour être parcourue. C'est à ce moment précis de changement de vitesse que l'irritabilité, portée sur une lamelle seulement, se transmet à sa voisine, laquelle exécute immédiatement son mouvement ascensionnel et avec une rapidité constamment double de celle qui animait d'abord la première lèvre. Il en résulte naturellement que, malgré le retard initial, cette lèvre décrit son arc de 90° dans le même temps que la première met à en parcourir 45, et que la rencontre des deux lames se fait dans la position verticale par l'accolement intime des deux faces papilleuses[1].

A l'instant même où l'on irrite l'une des deux lames, si l'on vient à enlever subitement la seconde d'un coup de ciseaux, le même retard se produit, et l'on observe les mêmes stades dans le mouvement, depuis le moment d'irritation jusqu'à la position verticale; mais, arrivée à ce point, la lamelle, n'y rencontrant pas son antagoniste, n'est plus retenue par elle, et dépasse le plan vertical en s'incurvant sur elle-même et se roulant finalement en crosse. Cette lamelle isolée reprend la position horizontale comme si les deux lèvres étaient réunies, c'est-à-dire dans le même

[1] On sait que dans tous les stigmates à deux lèvres, il en existe toujours une plus développée que l'autre ; nous avons constaté qu'il est indifférent de commencer l'excitation par la plus grande ou par la plus petite. Les phases du phénomène restent dans les deux cas telles que nous venons de l'indiquer, la sensibilité étant répartie à un égal degré dans les deux lamelles et dans les mêmes points de ces organes pairs.

temps et dans les mêmes conditions que nous allons signaler. Lorsqu'elle y est revenue, on peut déterminer la reprise du mouvement en portant une irritation sur un point quelconque de la plaie faite par la section de la lamelle voisine, et plus particulièrement au centre. L'irritabilité, par ces faits mêmes, paraît marcher d'une lamelle vers l'autre, mais, il faut le remarquer, sans se propager du style vers les stigmates. Dès qu'on a dépassé le point d'insertion des lamelles, toute irritation portée sur leur support demeure sans effet : on peut même couper d'un seul coup la colonne stylaire sans qu'aucun mouvement se produise dans les lamelles étalées. Passons au second cas.

Quand on excite les deux lèvres simultanément, résultat qui peut être obtenu, soit en portant une seule irritation sur le point de jonction de ces deux organes, soit en piquant à la fois, dans le même moment, les deux faces supérieures, on observe dans chacune des deux lamelles, aussitôt mises en mouvement, les mêmes alternatives isochrones d'accélération et de retard, si bien que la rencontre se fait, comme dans le cas précédent, quand la position verticale est atteinte.

Dans l'un et dans l'autre cas, la durée du mouvement ascensionnel varie de 5 à 60 secondes, selon le degré de sensibilité des stigmates mis en expérience. Ce temps peut être diminué de moitié dans quelques organes très-paresseux (*Tecoma ; Catalpa*, etc.), par l'intervention d'une nouvelle excitation appliquée au moment où le retard commence à se produire, c'est-à-dire à la moitié de la course.

Au point de vue de la rapidité ascensionnelle, nous pouvons classer ainsi qu'il suit les organes sur lesquels nous avons opéré :

1° *Martynia annua* et *proboscidea*=3″; 2° *Mimulus guttatus* et *moschatus*=5″; 3° *Amphicome arguta*=6 à 7″; 4° *Jacaranda mimosæfolia*=7 à 9″; 5° *Catalpa syringifolia*=12 à 15″; 6° *Tecoma grandiflora*=14 à 19″; 7° *Brunonia*=40 à 60″ ; 8° *Scævola.... sp*=50″ à 2′.

Le retour à l'état normal d'écartement n'a rien de la rapidité de

la période de convergence, il est toujours très-lent et ne se produit jamais, même dans les organes les plus sensibles, en moins de 10 à 15minutes ; il est de 20 à 25 minutes dans les stigmates les plus paresseux. Plus la durée du redressement a été longue, plus aussi le mouvement de retour est lent à commencer. Ainsi, dans les *Sesamum* et les *Martynia*, il se montre 1 à 2 minutes après le contact des deux lèvres; dans les *Amphicome, Jacaranda* et *Mimulus*, après 3 à 5 minutes ; dans les *Bignonia*, après 8 à 10 minutes ; dans les *Catalpa* et les *Tecoma*, en 10 à 15 minutes, etc..... Nous allons voir que ce mouvement de retour ne se différencie pas du précédent seulement par le temps employé, mais encore par sa manière d'être. Les deux lèvres rapprochées et le temps de contact expiré, la première tendance à la séparation se traduit à l'œil par une disjonction tantôt des bords, tantôt de la partie centrale des lamelles; le premier cas est le plus fréquent. Quand le centre commence, la périphérie ne tarde pas à suivre, en se recourbant en arc et en entraînant peu à peu après elle les parties centrales, qui dans ce mouvement se courbent aussi en arc, mais non en crosse. A mesure que l'incurvation se produit, un mouvement de descente se remarque et la séparation s'accentue de plus en plus, jusqu'au maximum d'ecartement des deux lames, qui est la position horizontale, comme nous l'avons dit. — Il arrive quelquefois, dans certains *Mimulus* par exemple, qu'une des lèvres retenue (c'est généralement la plus grande) par les parois de la corolle reste verticale et conserve toujours cette position, tandis que le seconde lui devient perpendiculaire par la position horizontale. Cette exception dans la situation réciproque des lamelles ne change rien aux faits qui se produisent pendant le mouvement, si ce n'est qu'après une irritation cette lame verticale n'exécute qu'un mouvement très-ralenti. Le mouvement de retour, comme du reste dans tous les organes doués d'irritabilité fonctionnelle que nous étudierons ici, ne peut être suspendu ni accéléré par les agents dont nous aurons à étudier l'influence sur le mouvement ascensionnel : cette manière d'être rapproche ce phénomène de celui qui a été analysé déjà dans les Berbéridées.

Cependant il se sépare absolument de celui-là anatomiquement et physiologiquement, comme nous allons le voir. Nous ne décrirons pas ici les mouvements observés dans les indusies stigmatiques des *Brunonia* et des *Scævola*, nous réservant de les traiter à part à la fin de ce chapitre, en raison de leur manière d'être spéciale et de l'ignorance absolue dans laquelle nous sommes de leur cause intime.

Action des divers agents pondérables et impondérables sur ce mouvement. — Barsch (*loc. cit.*) affirme, pour ce qui concerne les organes qu'il a étudiés spécialement, que le mouvement d'ascension des stigmates dure, *suivant l'âge de la fleur et la température ambiante*, de 1/2 à 1 1/2 minute. Nous avons dû chercher avec plus de précision l'influence réelle de ces deux facteurs sur l'ensemble des organes qu'il nous était permis d'étudier, et nous avons vu les stigmates fraîchement épanouis être, en effet, plus rapidement mobiles que ceux d'un âge plus avancé. Dès le 4e jour après l'anthèse dans les fleurs de *Mimulus*, le mouvement, très-rapide au début, commençait à perdre de son intensité, et le 7e toute irritabilité avait disparu sans retour. Même observation a été faite dans les *Tecoma* et les *Catalpa* ; dans les *Sesamum* et les *Martynia*, l'irritabilité demeure intacte durant 5 à 6 jours : le tout chez des sujets végétant normalement. Sur des rameaux floraux détachés de la plante et maintenus dans l'eau, l'atténuation puis la disparition de la même propriété sont accélérées par les conditions de vie anormales dans lesquelles se trouvent les organes. La température, par contre, ne nous a paru exercer aucune influence bien apparente sur ces mouvements. C'est ainsi que les *Tecoma*, *Martynia* et *Mimulus*, observés quotidiennement du 15 mai au 30 juillet, n'ont pas montré la moindre variation d'intensité (nous supprimons ici le tableau de ces observations) à diverses heures du jour et de la nuit, quoique la différence thermométrique nychthémérale soit assez considérable à Montpellier en mai et en juin. Devant les résultats négatifs obtenus par les seules conditions cosmiques, nous avons cru devoir pousser plus loin nos re-

cherches, et nous avons abaissé artificiellement la température dans un espace clos, au moyen, soit de la glace fondante, soit de mélanges réfrigérants. L'appareil dont nous faisons usage dans ce but consiste dans deux boîtes métalliques concentriques, dont la plus petite, renfermant le rameau floral ou le sujet en expérience, est munie d'un couvercle percé d'un petit trou pour la circulation de l'air, et d'un autre plus grand pour le passage de la tige d'un thermomètre centigrade; tandis que la seconde, plus grande, qui la renferme, sert à contenir la glace ou le mélange réfrigérant destiné à abaisser la température dans l'espace clos. Ce vase présente à la partie inférieure un trou destiné à l'issue de l'eau de fusion. Des fleurs très-sensibles maintenues pendant 10 minutes dans le milieu à 6° ont perdu une partie de leur irritabilité ; il faut deux piqûres successives pour produire le mouvement ascensionnel, qui est lui-même manifestement ralenti ; il emploie deux fois plus de temps pour se produire (12″). En mêlant la glace au sel marin, nous avons obtenu un abaissement graduel de la température jusqu'à — 10°, et durant cette chute du thermomètre nous avons irrité les stigmates : à — 8°, les organes ont cessé de répondre à l'excitation. Il est nécessaire d'ajouter que les stigmates de divers *Tecoma* ont résisté davantage à l'action du froid, probablement en raison de leur plus grande épaisseur. Cet état, qui est une entrave à la rapidité des mouvements (exemple : *Mimulus* doués de mouvements rapides parce que les lames sont d'une ténuité extrême), devient par contre une défense contre l'abaissement de la température. A—10°, les stigmates de *Tecoma* se mouvaient encore, quoique très-lentement et après longue irritation. Jamais l'action des basses températures n'a été prolongée au-delà de 10 minutes. Les organes des *Martynia* et des *Mimulus* paralysés par le froid ont retrouvé leur sensibilité après une exposition de 15 minutes dans l'air à 19° ; portés subitement dans l'eau à 50°, ils l'ont recouvrée instantanément.

Le vent ne détermine pas l'irritation, alors même qu'on le produit en insufflant de l'air avec un tube effilé directement sur les organes sensibles.

La chaleur engendrée par la concentration des rayons solaires au moyen d'une loupe est un excitant égal à l'action mécanique de la piqûre ou de tout attouchement. La face inférieure, tout comme la face supérieure, obéit à cette excitation (brulûre) et aussi rapidement. Les excitants chimiques du mouvement provoqué, dont nous avons examiné l'action sur les Berbéridées, agissent ici d'une manière semblable, l'ammoniaque exceptée : les acides même faibles, le chlore, l'acide cyanhydrique, l'alcool à 50°, etc., déterminent une occlusion rapide. — L'ammoniaque, ne produit aucun effet sur les *Catalpa* et les *Bignonia*, soit qu'on fasse agir le gaz qui se dégage d'une forte solution, soit qu'on porte cette solution même sur la surface glanduleuse (supérieure) des organes irritables. Au contraire, les *Mimulus*, *Sesamum*, *Martynia* et *Amphicome* perdent immédiatement leur propriété et sont brûlés par l'action de contact de la solution caustique.

L'électricité dynamique, appliquée comme nous l'avons indiqué déjà (appareil de Jürgensen), détermine la contraction immédiate même quand le courant faible marque 30 à 35° seulement au galvanomètre. Un peu au-dessus, à 40 ou 45°, l'organe peut être facilement foudroyé, et alors il noircit rapidement ; cela se produit surtout quand il est d'un tissu délicat, comme dans les *Martynia* et *Amphicome* ; les stigmates des *Tecoma* supportent très-bien, par contre, la décharge de deux éléments Bunsen sans périr.

La lumière nous a paru sans effet particulier sur ce mouvement : par son action continue, elle ne l'active ni ne le retarde. L'obscurité complète, lorsqu'elle n'est pas prolongée plus de 2 à 3 jours, reste aussi sans influence bien sensible ; au-delà de ce terme, la sensibilité décroît rapidement et ne tarde pas à disparaître dès le 5e jour. Dans ces conditions, je n'ai pas cru devoir examiner l'action de la lumière diversement colorée.

Le vide ne produit rien sur cette irritabilité spéciale : nous avons placé ces divers organes sous la cloche pneumatique avec un vide de $0^m,005$, et nous n'avons rien observé d'immédiat. Retirés après 35 minutes de séjour sous la cloche, les stigmates

irrités se meuvent comme antérieurement à cette action. Après 2 heures de vide, le flétrissement commence à se produire dans la corolle et le style perd de sa rigidité, mais les lèvres ne se rapprochent pas. Si à ce moment on les met à l'air et qu'on pratique une irritation, elles y répondent assez promptement.

L'air comprimé, à une pression de 4 atmosphères, laisse l'organe sensible; à 5 atmosphères, l'irritabilité disparaît dans les stigmates de faible épaisseur (*Mimulus*, *Amphicome*, etc.); elle subsiste jusqu'à 6 atmosphères dans les lames plus épaisses (*Tecoma*, etc.).

L'influence de l'air saturé d'humidité ou complétement sec a été ce qu'on pouvait le supposer : dans la première atmosphère, l'irritabilité s'est maintenue comme dans l'air ambiant; sous une cloche d'air desséché par l'acide sulfurique et la chaux vive, la sensibilité a disparu rapidement (de 1 à 2 heures).

L'influence de l'eau a donné lieu aux observations suivantes : versée doucement et à la température ordinaire au moyen d'une pipette sur la surface (papilleuse) convexe, elle ne détermine aucun effet, même quand elle s'accumule dans l'angle de réunion des deux lames. Si on verse avec les mêmes précautions de l'eau à des températures différentes, le mouvement se produit dès que le thermomètre marque 35°; au-dessous de ce point jusqu'à 0°, rien ne s'observe. Si on porte l'organe entier sous l'eau, à la température ordinaire (15 à 20°), sans produire d'ébranlement, les lèvres restent immobiles dans ce milieu, et là, comme dans l'air ambiant, tous les excitants que nous avons énumérés produisent une action même après que l'épiderme des deux faces a été enlevé : nous allons voir aussi que les lames y subissent l'influence des substances qui paralysent le mouvement.

Les anesthésiques nous ont donné des résultats qui en tout point peuvent être rapprochés de ceux que nous avons signalés déjà dans les organes doués de motilité provoquée, et c'est là certainement un des traits les plus caractéristiques du genre de phénomènes que nous étudions. Comme dans les Berbéridées, ces agents ne paralysent que le mouvement d'ascension et sont sans

action sur celui de descente. A notre sens, ce fait rapproche les animaux des végétaux : chez les uns comme chez les autres, on peut, par les anesthésiques, empêcher l'excitation d'être transmise ; mais quand elle est produite et qu'un mouvement en est résulté, si on applique ces agents, ils déterminent en même temps que l'insensibilité la détente immédiate des tissus contractiles, qui pendant toute la durée de leur action demeurent en état de relâchement. L'action comparée des anesthésiques sur ces organes nous a donné le classement suivant : 1° Bromoforme (agit dans une durée de 5 à 8')[1] ; 2° Chloroforme = 8 à 21' ; 3° Oxyde de carbone = 12 à 25' ; 4° Éther sulfurique = 9 à 30' ; 5° Sulfure de carbone = 10 à 35'. — Les expériences qui ont donné ces résultats ont été faites en juin et juillet 1873 (temp. moyenne 25° C.). Nous avons négligé de tenir compte de la quantité d'anesthésique dispersée dans le milieu où étaient plongés les organes mobiles, mais nous avons pensé que ce n'était pas là une précaution indispensable. Nous nous sommes assuré, en effet, qu'il importait surtout de ne pas atteindre la dose de substance capable de déterminer la mort des organes, c'est-à-dire la saturation, et que, cet écueil évité, les résultats ne variaient pas d'une façon bien sensible avec la dose de substance employée. Dès que ces organes anesthésiés ont été retirés de la cloche et exposés au grand air, le retour de la sensibilité a été très-rapide dans tous les stigmates lents ou paresseux indistinctement.

Ici, pour la première fois, nous pouvions porter l'action des anesthésiques sur des organes semblables, mais doués de sensibilité différente, quoique facilement appréciable, puisqu'elle est indépendante ou à peu près des influences cosmiques (chaleur, lumière, humidité). Nous avons donc pensé que nous devions profiter de ces conditions pour mesurer l'activité propre des divers anesthésiques en face de cette différence de sensibilité. Dans ce but,

[1] Nous sommes forcé d'indiquer la durée d'action par deux chiffres, afin de marquer la différence qui existe entre les organes très-sensibles et ceux qui le sont peu. (Parmi les premiers nous comprenons : *Sesamum*, *Martynia*, *Mimulus*, *Amphicome* ; et parmi les seconds, *Bignonia*, *Tecoma* et *Catalpa*.)

nous avons, pour chacune des substances employées, institué l'expérience suivante. Après avoir réuni un grand nombre de fleurs à stigmates très-sensibles et peu sensibles, nous avons comparé sur ces organes au moment de les expérimenter, l'action relative d'une irritation toujours identique : en indiquant par 1 celle des *Martynia*, nous avons trouvé celle des *Mimulus* 2 fois moins accentuée, c'est-à-dire produisant le mouvement en 2 fois moins de temps, et nous l'avons indiquée par 1/2. Celle des *Tecoma* et des *Catalpa* était 4 fois moins apparente : nous l'avons marquée 1/4. Ceci connu, nous avons placé ces différentes fleurs fraîchement épanouies et non encore irritées, dans un verre d'eau recouvert d'une cloche de petite capacité (deux litres) traversée à la partie supérieure par une tubulure laissant passer à frottement très-doux un fil de fer terminé par une pointe acérée surplombant les fleurs. Dans ces conditions, une capsule en verre renfermant 4 gram. de chloroforme par exemple (c'est-à-dire la quantité donnée par les expériences comme suffisante pour amener l'anesthésie prompte sans causer la mort) étant placée sous la cloche, nous avons pu facilement suivre pas à pas les progrès de l'action anesthésique. Il suffisait pour cela de déplacer légèrement la cloche en la faisant simplement glisser et sans introduire de l'air, pour amener la pointe au-dessus de l'organe à irriter. En opérant ainsi, nous avons pu nous convaincre que, dans les divers stigmates soumis à l'influence chloroformique, l'insensibilité est d'autant plus longue à disparaître entièrement que l'organe est lui-même moins sensible aux irritations. Ainsi, les fleurs de *Mimulus* et de *Martynia*, la même quantité de chloroforme agissant, étaient anesthésiées après 6 et 8 minutes de séjour sous la cloche, tandis qu'il en a fallu 20 à 21 pour les *Tecoma* et les *Bignonia*[1]. Pendant le temps que ces diverses fleurs mettaient à perdre leur sensibilité, les *Mimulus* et les *Amphicome* montraient, par un changement de coloration, un commencement de modification des tissus.

[1] Ces chiffres sont entre eux à peu près dans les mêmes relations que ceux qui indiquent la rapidité d'action des causes irritantes mesurée par la promptitude du mouvement.

Dans l'eau, le chloroforme et son congénère plus actif le bromoforme, portés très-doucement avec une pipette sur les organes irritables, ont donné des résultats identiques, mais en retard de 5 à 12 minutes sur ceux qui étaient obtenus dans l'air. Dans un cas, l'impureté d'un chloroforme employé sans avoir été essayé au préalable, nous fut révélée par la rapidité de la fermeture des lèvres au milieu de l'eau ; cet anesthésique renfermait de l'acide chlorhydrique libre, et en assez grande quantité pour qu'au lieu d'une anesthésie il survînt une excitation bien visible : les lamelles se fermèrent immédiatement.

Les différents gaz que nous avons essayés n'ont pas donné des résultats bien probants. C'est ainsi que l'oxygène, l'azote, l'hydrogène, l'acide carbonique, à la pression ordinaire, n'ont donné lieu à aucun phénomène visible, même après une action très-prolongée.

Le chloral, employé dans les conditions indiquées avec les Berbéridées, ne nous a montré aucune propriété anesthésique : comme contre-épreuve, cette substance mélangée aux alcalins a déterminé l'anesthésie. Nous avons pu également prolonger ce sommeil au moyen des instillations sous-épidermiques de *chlorhydrate de morphine*, et nous ne croyons pas inutile de redire ici que toutes les solutions de sels hypnotiques et autres narcotiques solides ou liquides appliquées sur les surfaces sensibles, sans dénudation préalable, sont restées absolument sans action.

On nous excusera d'avoir reproduit en une longue série les résultats de l'action des divers agents pondérables et impondérables, si l'on veut bien se ranger à cette opinion que la connaissance des corps qui déterminent ce que J. Sachs appelle l'état de *rigidité transitoire* n'est pas, dans les conditions nouvelles où nous envisageons la question, aussi dénuée d'intérêt, au point de vue de la cause du mouvement, que paraît le croire le savant allemand[1]. Nous pensons comme lui assurément que ces résultats peuvent servir à l'élucidation des problèmes qui intéressent la

[1] *Traité de botanique*. trad. Van Tieghem, pag. 1034.

structure moléculaire et les propriétés chimiques des tissus en général; mais nous croyons aussi que, de ce fait qu'une substance spéciale rend immobiles, dans certaines conditions, les tissus moteurs, doit découler pour nous une notion nouvelle sur le mécanisme du mouvement. Il suffit pour cela que nous ne nous bornions pas à la simple constatation du phénomène, que nous rapprochions ces faits par l'esprit de comparaison, et que nous étayions enfin ces données physiologiques au moyen de celles que l'anatomie nous fournit.

Anatomie des organes mobiles. — L'étude anatomique des organes qui nous occupent n'a jamais été faite en vue de la question du mouvement: nous avons essayé de combler cette lacune en cherchant à connaître l'état des tissus avant et après l'irritation. Examinons le premier état, facilement obtenu au moyen des anesthésiques, et disons que les généralités qui vont suivre peuvent s'appliquer à tous les stigmates bilamellés, sauf les exceptions qui seront signalées spécialement.

L'épiderme n'offre rien à considérer de bien remarquable; il est identique sur les deux faces. A part les appendices glanduleux dont il est revêtu à la partie périphérique de la face supérieure, sa structure est identique à celle du même revêtement appliqué sur toute l'étendue du style, et auquel il fait suite, avec cette différence toutefois que les cellules, toujours de forme prismatique, y sont plus larges et moins allongées. Entre les deux feuillets de l'épiderme constitué par une seule assise de cellules, on trouve un parenchyme plus ou moins épais[1] constituant la presque totalité de l'organe et traversé dans sa masse par un ou plusieurs faisceaux de trachées épaisses à spires rapprochées : ils

[1] Il est à remarquer que le parenchyme à cellules prismatiques et contiguës ne présente pas d'espaces intercellulaires : cette disposition exclut absolument l'application au cas actuel de la théorie de Pfeffer, et cependant M Micheli, que cette difficulté anatomique ne saurait arrêter dans son zèle pour la propagation des idées allemandes, n'a pas craint de tenter cette extension inopportune dans un article dont nous aurons à parler plus loin, pag. 94.

doivent nous occuper particulièrement. Ce ou ces faisceaux, toujours plus rapprochés de la face inférieure que de la face supérieure, proviennent d'un faisceau central unique qui parcourt toute la longueur du style pour venir se diviser en deux branches primitives, une pour chaque lamelle. Cette dernière reste indivise, ou bien donne naissance à plusieurs rameaux en se rendant, quand l'organe est parvenu à son développement complet, de la commissure des lèvres jusqu'au voisinage de leur périphérie. Deux dispositions se remarqueront donc dans la distribution de ces trachées : ou bien un faisceau unique les condense sous l'apparence d'une ligne placée au centre de figure de l'organe (Pl. III, *fig.* 3,5, 6, 8), comme dans les *Tecoma*, *Mimulus*, *Catalpa* et *Amphicome ;* ou bien trois ou quatre faisceaux se détachent en principe du point de jonction, viennent s'étaler dans le parenchyme, rompent leur attaches premières avec le faisceau central et donnent eux-mêmes des ramifications (*Martynia*, *Gratiola*) fort importantes qui peuvent s'isoler également avant d'atteindre la périphérie de l'organe. Il résulte de cette disposition, qu'outre le faisceau central simple le plus souvent bifide au sommet, il existe quelquefois des faisceaux isolés de dimensions différentes.

Les plus petits simulent autant d'éléments anatomiques, de forme variée, mais ressemblant le plus souvent à des cellules fibreuses devenues fusiformes, très-allongées, et qui se seraient groupées en grand nombre suivant une ligne droite (Pl. III, *fig.* 1 et 2, *b*, *c*). Dans les grands faisceaux, on trouve en général 8 à 9 trachées; dans les petits, isolés, on n'en compte pas plus de 4 à 5. — Il est à remarquer que ces trachées, quoique de formation non récente, ont leurs spiricules à tours assez rapprochés. Chaque trachée ne renferme qu'une spiricule seule présentant l'aspect d'un fil arrondi (*Tecoma*), quelquefois celle d'une lame mince (*Mimulus*). Ces tours de spiricule ne sont cependant pas assez éloignés les uns des autres pour que leur rapprochement ne puisse s'opérer dans l'acte de redressement des lamelles. Ces points acquis, nous avons cherché à observer directement au microscope les modifications qui se produisent dans les divers

tissus ou dans leur arrangement pendant le mouvement ; mais nous devons reconnaître que cette observation, si minutieuse qu'elle ait pu être, est restée stérile. Tout au plus en enlevant l'épiderme de la face supérieure[1] et en irritant ensuite le tissu pour produire le mouvement, avons-nous cru apercevoir dans les spiricules un certain degré de rapprochement, sans cependant que nous puissions encore affirmer le fait, après avoir répété bien des fois l'expérience.

Au moyen de coupes faites, soit après excitation, soit pendant l'action anesthésique, nous nous sommes également convaincu que le tissu parenchymateux, du reste bon conducteur de l'irritabilité, garde dans les deux cas la même forme et les mêmes positions (Pl. III, *fig.* 4 et 7).

Dans ces conditions, nous avons dû porter notre attention sur le faisceau des trachées, qui seul, entre tous les tissus, nous avait offert des apparences de changement et dont la distribution anatomique avait déjà mis notre attention en éveil.

Physiologie du mouvement. — Nous avons déjà fait remarquer (pag. 49), dans notre description du mouvement, ce qui arrive lorsqu'on coupe une lame pendant la période d'ascension de la lamelle antagoniste, et nous avons dit comment, cette dernière étant revenue à la position de repos, il suffit, pour l'en faire sortir, d'irriter la plaie faite par la section d'une des lamelles. Il est remarquable que l'excitation portée au centre de cette plaie, c'est-à-dire au point d'émergence du faisceau trachéen, est suivie d'un mouvement immédiat dans la seule lamelle restante, tandis qu'il est plus long à se produire quand on irrite tout autre point de cette plaie : ce fait venait attirer encore notre attention sur le rôle des trachées. Pour mieux l'apprécier, nous avons, à la faveur du sommeil anesthésique, détaché dans une lamelle de *Mimulus*

[1] Remarquons que cette persistance de l'irritabilité après dilacération et enlèvement de l'épiderme se remarque ici comme dans les *Berberis* : elle nous paraît caractéristique du mouvement provoqué, car nous verrons que la même dilacération arrête le mouvement spontané ou le modifie profondément.

l'unique faisceau central de ses connexions avec les trachées stylaires, en le sectionnant près du point d'émergence de ladite lamelle.

Le faisceau étant ainsi isolé, nous avons rappelé la sensibilité par l'exposition au grand air, et nous avons constaté que, si l'on porte l'irritation sur la lame non lésée, elle y répond, mais sans pouvoir transmettre le mouvement à sa congénère. Celle-ci, devenue insensible elle-même, ne communique l'irritation à sa voisine que si on excite la partie de la lamelle qui est au-dessous du point de lésion. Évidemment ces résultats nous affirmaient déjà : 1° que l'irritabilité passe d'une lamelle dans l'autre par l'intermédiaire des trachées ; 2° que la sensibilité du tissu cellulaire parenchymateux est insuffisante pour transmettre l'irritation d'une lamelle à l'autre. — Ce rôle des trachées est-il purement passif, ou devient-il actif par le resserrement des spires ? Nous avons constaté d'abord que dans les organes femelles irritables qui ne possèdent qu'un seul faisceau central, plus le nombre des trachées qui le composent est considérable, plus aussi le mouvement offre de rapidité dans son exécution. Ainsi, par exemple, dans les *Mimulus* et l'*Amphicome*, les mouvements sont très-rapides, tandis que dans le *Tecoma* ils sont très-lents. En se portant aux *fig.* 4 et 9 de la Pl. III, on se rend facilement compte de la différence de ces résultats si on admet l'action directe des trachées, qui dans les *Mimulus* (*fig.* 4) sont au nombre de 9, tandis qu'il en existe 4 seulement dans le *Tecoma* (*fig.* 7). A ce fait d'observation simple, joignons les résultats des expériences suivantes.

1° Profitant de l'insensibilité anesthésique, nous avons pratiqué dans une lame de *Martynia* la section du faisceau central, lequel est accompagné, nous l'avons vu, de fibres isolées : irritant alors la lamelle congénère et intacte (après retour de la sensibilité), nous avons constaté que cette dernière seule se redressait entièrement. L'irritation étant portée sur la face supérieure de la lame lésée, nous avons vu cet organe (contrairement à ce qui se passe dans les *Tecoma* et *Mimulus*) être pris d'un mouvement très-ralenti qui lui a permis de se placer dans une position oblique

marquée surtout par le relèvement des bords de la lamelle : le point d'insertion n'avait pas bougé. Il est évident pour nous que ce mouvement est dû ici aux fibres isolées, qui résistent seules et qui, conservant leur intégrité, viennent ajouter leur action à celle du faisceau central, lequel, vu la rupture des attaches, est incapable de produire un mouvement sensible.

Pour corroborer cette manière de voir, nous avons, sur une autre lamelle de *Martynia*, coupé le faisceau primitif et dilacéré avec la même aiguille les faisceaux isolés dans toute leur longueur : le mouvement a cessé de se produire.

2° Enfin, il fallait chercher à constater *de visu* les modifications que le mouvement engendre dans les trachées. Pour cela, après avoir dénudé, *pendant l'anesthésie*, tantôt par la face supérieure, tantôt par l'inférieure, le faisceau des trachées, nous avons placé l'organe endormi sous le microscope, et là nous avons attendu le retour de l'irritabilité. Cette propriété fut mise en jeu au moment voulu, tout ce traumatisme n'ayant pas altéré profondément les propriétés des tissus. Nous devons avouer que, malgré tout le soin apporté à observer le resserrement des spiricules, la conviction n'est pas encore entrée dans notre esprit, et on nous saura gré de nous être tenu en garde contre des apparences que nos tendances nous montrent sous un jour trop favorable. Sauf pour ce qui concerne la *Gratiola*, où le fait nous a paru moins douteux, ce point est à reprendre dans tous les autres organes.— Telles sont les observations desquelles nous croyons pouvoir conclure physiologiquement à l'intervention active d'un élément anatomique dont jusqu'ici on a négligé d'étudier l'action. *Nous pensons donc que les trachées sont des organes conducteurs de l'irritabilité* (rôle qui leur a été déjà reconnu par M. Ziegler[1] dans les mouvements des poils de *Drosera*), *et qu'en outre elles paraissent être encore l'élément contractile qui détermine le mouvement dans les organes lamellaires irritables*[2].

[1] *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, 18 mai, 1874.

[2] Ces résultats ont fait l'objet d'une Note communiquée par nous à l'Académie

Quelques faits, et nous tenons à le signaler ici de bonne fo , pourraient militer contre notre manière de voir. Le mouvement commence dans tous les organes par un déroulement de la partie recourbée, comme nous l'avons vu, et c'est precisément dans cette partie que les éléments secondaires actifs manquent surtout. A cela on peut répondre que le mouvement peut être transmis à cette périphérie, une fois qu'il a commencé dans les spiricules. En outre, certains organes présentent dans leurs mouvements une somme de rapidité qui semble mal s'allier avec la présence d'un

des sciences (*Comptes-rendus* du 21 septembre 1874), et au sujet de laquelle M. Marc Micheli, dans un article critique (*Archives des sciences physiques et naturelles* de Genève, du 15 février 1875) sur les progrès de la botanique en 1874, s'est montré assez partisan de la théorie de la sortie de l'eau des cellules irritables (théorie de Pfeffer), pour s'exprimer ainsi : « Enfin, dans une autre étude sur les mouvements des lamelles stigmatiques des *Bignoniacées*, *Scrophularinées* et *Sésamées*, M. Heckel attribue aux trachées un rôle particulier dans la transmission d'un mouvement à l'autre..... Ici encore cette manière de voir nous paraît faire appel à une propriété problématique des tissus : il n'est pas possible, *dans l'état actuel de nos connaissances*, de rien dire du mode d'action des trachées transmettant directement une irritation. La théorie du déplacement du liquide trouverait au contraire, nous semble-t-il, une application très-logique dans les stigmates en question, qui sont formés en grande partie d'un tissu parenchymateux turgescent. Peut-être alors les trachées pourraient-elles intervenir comme réceptacle du liquide expulsé provisoirement des cellules.» Nous répondrons en peu de mots à M. Micheli, qui s'est fait, comme toujours, l'écho des théories allemandes, et nous demanderons à sa bonne foi de vouloir bien nous dire quelle théorie doit mieux supporter l'épithète de problématique : est-ce celle qui a été acceptée par de nombreux physiologistes et qui est étayée par les recherches de MM. Ziegler, P. Bert, ou celle qui fait intervenir gratuitement une propriété jusqu'ici inconnue à certains tissus? Dans le cas actuel, le problème du mouvement compris à la façon des auteurs allemands, outre la nécessité d'une expulsion rapide d'eau à travers les membranes des cellules irritables (expulsion qui n'est pas prouvée le moins du monde et que nous n'avons jamais constatée), se complique du passage de cette eau (par quel chemin? il est regrettable que M. Micheli ne le dise pas !) à travers le parenchyme pour se rendre dans les trachées. En admettant même la première partie comme réalisable, et nous n'avons jamais constaté cette issue de l'eau à travers une plaie pendant le redressement de la lamelle, la seconde ne peut pas l'être : 1° parce qu'il n'existe pas d'espace intercellulaire et par conséquent aucun chemin pour ce liquide expulsé ; 2° parce que l'introduction de cette eau dans les trachées est anatomiquement impossible.

seul faisceau central de trachées (*Mimulus*, *Amphicome*) et qui égale celle qu'on rencontre naturellement dans les organes richement pourvus de ces éléments anatomiques. Il est vrai de dire que dans ce dernier cas, le peu d'épaisseur du tissu de la lamelle explique dans une certaine mesure cette intensité. Enfin, disons que nous avons cherché vainement à comprendre comment il peut se faire que, quand on pratique la section du style d'un seul coup, et cela même dans un point assez rapproché des lamelles (3 à 5 millim.), l'ébranlement transmis aux trachées ne détermine pas l'occlusion des lèvres stigmatiques. Faut-il admettre que ces faisceaux ne deviennent doués de la faculté de transmettre l'irritabilité qu'au point même où ils se divisent dans les lèvres mobiles et la conservent dans toute l'étendue de ces organes? Cette explication nous paraît peu satisfaisante, et nous devons reconnaître, malgré nos conclusions, qu'il existe là des faits dont l'interprétation en faveur de notre théorie nous paraît difficile. Toutefois on voudra bien remarquer que l'hypothèse du rapprochement des spiricules des trachées n'a rien en soi d'irrationnel, car ces éléments anatomiques avaient déjà, à la suite d'expérimentations plus ou moins bien conduites, fixé l'attention d'un grand nombre de physiologistes anciens et modernes, que la question du mouvement végétal intéressait.—Sennebier en 1800 [1], Schweigger en 1826 et Link en 1837, ont écrit que les vaisseaux spiraux sont les organes du mouvement végétal dans les étamines. Comparetti en 1791, puis Chicoyneau, crurent avoir mis en évidence l'action des mêmes vaisseaux spiraux : de ces deux physiologistes, second attribua le mouvement de certaines étamines (*Cactus*, *Opuntia*, *Helianthemum*) à l'action de ces faisceaux [2], tandis que le premier voulut leur faire jouer un rôle prépondérant dans l'irritabilité des Sensitives. Enfin, quant à la sensibilité de ces

[1] «Les vaisseaux et les trachées se remplissent d'un fluide aquéo-aérien fort élastique; ces vaisseaux et ces trachées sont alors susceptibles d'extension, ce qui leur fait éprouver un mouvement quand on les touche.» *Physiol. végét.*, t. V, chap. II.

[2] *Réflexions sur le mouvement des étamines des fleurs de l'*Opuntia *et de l'*Helianthemum. *Loc. cit.* Voyez ce travail, pag. 24, note 2.

organes, M. Paul Bert[1] (et nous sommes heureux de rencontrer une telle autorité) s'exprime ainsi : « J'ai cru voir que le parenchyme de la foliole (de la Sensitive) est tout à fait inexcitable, et qu'on n'obtient rien en piquant avec l'aiguille dans l'intervalle des nervures ; mais si celles-ci sont intéressées, le mouvement a lieu aussitôt. De même on peut enlever délicatement un lambeau d'écorce des pétioles sans que le renflement en soit averti; mais si l'on entame les faisceaux, il s'incline aussitôt. » Nous voulons croire que M. Micheli n'avait pas connaissance de cette observation quand il refusait récemment aux faisceaux de trachées toute sensibilité, d'après l'état actuel de la science.

But de ce mouvement. — Il nous reste à nous demander quelle est l'économie ou l'utilité de ce mouvement spécial. Doit-on le considérer comme bien visiblement approprié à un but final ? Nous avons tenu à connaître si réellement, comme l'ont affirmé quelques auteurs, l'occlusion n'a d'autre objet que de retenir captifs des grains de pollen, et, partant, de mieux assurer l'acte de la fécondation[2] ? Pour cela, nous avons laissé choir le pollen de la plante elle-même (*Mimulus*, *Amphicome*, *Martynia*) sur le stigmate étalé, et d'une hauteur quadruple de celle d'où il tombe normalement : aucun mouvement ne s'est produit dans ces conditions, cependant bien différentes de l'état naturel.

M. Baillon[3] a fait les mêmes expériences, mais avec plus de bonheur; nous les reprendrons certainement, sur la foi de ce sa-

[1] *Recherches sur la Sensitive*, 1er Mémoire, 1866 et 1867, in *Journal de l'anatomie et de la physiologie*, n° 5, 1867, pag. 539.

[2] Don, au sujet de l'irritabilité du stigmate du *Pinus larix* (*loc. cit.*), émet l'opinion étrange (nous la relatons seulement à cause de sa singularité) que le rapprochement des lèvres de l'organe femelle « *a pour objet de presser sur le contenu de ces vésicules* (pollen) *et de pousser le fluide à travers le conduit étroit jusqu'à l'ovule* ». Nous ne croyons pas utile de nous attarder à discuter cette manière de voir, évidemment erronée.

[3] *Loc. cit.*, pag 28, s'exprime ainsi : « Prenez un *Mimulus* dont les deux lames stigmatiques soient écartées ; laissez tomber un grain de poussière sur la face interne.....: les deux lames se rapprochent bientôt. »

vant, mais sans espérer être plus heureux. Nous avons obtenu les résultats qu'il indique, en employant des poudres lourdes, quoique ténues, de carbonate de chaux et de silice, qui en tombant de la hauteur des anthères déterminaient alors le mouvement. Il faut ajouter un autre fait qui nous met en garde contre la finalité du phénomène que nous étudions. Le hasard plaça entre nos mains un *Mimulus luteus* L. offrant la monstruosité décrite par M. E. Mussat [1], et très-propre à jeter un certain jour sur la question qui nous occupe. L'ovaire bifide se terminait, au sommet de chacune de ses moitiés, par une demi-style portant à son extrémité une lamelle papilleuse.

Après irritation d'une de ces lamelles, nous avons vu se produire, dans l'ensemble du stigmate, les mêmes phénomènes que dans les fleurs ordinaires : une lamelle étant mise en contraction, l'autre a suivi; et quand l'une d'elles avait atteint la position verticale, comme le mouvement ascensionnel n'était plus arrêté par la lamelle antagoniste, il se produisait un roulement en crosse, semblable à celui que nous avions fait naître expérimentalement dans les sujets normaux, en supprimant une lamelle opposée [2]. Si le mouvement n'a d'autre but que de protéger la poussière fécondante contre l'action du vent et contre tout accident extérieur, son inutilité dans le cas qui nous occupe devient évidente, et il ne devrait pas se produire, sous peine de manquer de but.

Vu la rapidité du déplacement de ces lames dans certains de ces organes, il nous semblerait plus simple d'admettre, en tenant

[1] *Adansonia*, tom. IV, pag. 75.

[2] L'irritation portée sur une lamelle se transmet à la seconde au bout d'un temps plus long que dans les conditions normales, ce qui s'explique aisément par la plus grande étendue du trajet qu'elle doit parcourir. Le faisceau stylaire est donc sensible ici dans toute son étendue. Si l'on coupe à la base d'une lamelle stigmatique l'unique faisceau fibro-vasculaire, l'irritabilité ne se transmet plus dans cet organe par l'irritation du congénère. Ces faits, qui nous sont révélés à la dernière heure, viennent donner plus d'évidence au rôle des trachées et à leur intervention active dans le mouvement ; malheureusement ces conditions, cependant meilleures, n'ont pas pu nous servir à constater d'une façon irrécusable le resserrement des spiricules dans les trachées.

compte de l'influence bien connue des insectes dans l'acte de la fécondation, que ces êtres, en s'introduisant dans la fleur pour y puiser le nectar, déterminent, par le contact de certaines parties de leur corps avec les lèvres stigmatiques, un rapprochement par lequel ces organes fonctionnant comme des cuillers ramassent le pollen étranger, provenant d'une fleur voisine, dont ils sont couverts. En dehors de cette hypothèse, qui est toute en faveur de la fécondation croisée, le mouvement stigmatique ne paraît constituer dans le règne végétal qu'une superfluité sans but, si l'on considère que le pollen, un moment enserré dans les lames mobiles, se trouve de nouveau très-rapidement exposé aux causes de destruction qui viennent du dehors. Ce ne serait donc qu'une précaution de plus à ajouter à celles dont la nature aime à entourer l'accomplissement d'une fonction primordiale : la fécondation et la conservation de l'espèce. Quoi qu'il en soit du reste, il est bon de remarquer que ce mouvement constitue un degré de supériorité dans la structure des plantes qui en sont pourvues et qui se trouvent, par cela même, mieux armées dans le combat pour l'existence. On ne doit pas être surpris, dès lors, de le rencontrer exclusivement parmi ces végétaux que des considérations d'ordres divers ont conduit les botanistes à regarder comme représentant le plus haut degré de perfection auquel soit parvenu le règne végétal, dans son développement progressif à travers les âges, c'est-à-dire dans les familles appartenant aux *Dicotylédones gamopétales*.

Mouvement des brunoniacées et des goodéniacées. — Avant de clore ce chapitre, nous voulons, ainsi que nous l'avons annoncé au début, montrer comment le mouvement stigmatique, en tant qu'indice de perfectionnement, semble aller s'accentuant dans quelques Dicotylédones gamopétales dont les organes femelles offrent une disposition spéciale. L'*indusium* qui recouvre les stigmates des Goodéniacées et des Brunoniacées, toutes plantes exotiques australiennes ou de la zone océanienne, ne constitue qu'un accessoire de ces organes et n'en présente pas moins le

phénomène de la motilité. Cet appendice, véritable godet réceptaculaire du pollen, possède une irritabilité exquise qui se traduit par des mouvements lents d'occlusion analogues à ceux que nous venons de décrire et d'étudier. Ce fait, bien connu pour certaines Goodéniacées, a surtout été mis en évidence par M. Baillon [1], qui s'exprime ainsi : « Chez les *Goodenia*, la partie stigmatique du pistil est entourée d'une coupe large et cartilagineuse ; celle-ci est béante et laisse voir dans son interstice le véritable stigmate. Mais quand le pollen y tombe, cette coupe se referme sur lui et l'applique par conséquent sur la surface stigmatique; le plus souvent c'est dans le bouton même qu'elle commence à se fermer (B.-A. de Saint-Hilaire). Si l'on écarte la fente que forment les bords rapprochés, on la voit gorgée de pollen, et ses bords abandonnés à eux-mêmes s'appliquent immédiatement l'un contre l'autre.... Le *Leschenaultia* est une plante très-voisine dont la structure est analogue; les bords de la coupe sont garnis de poils qui s'entre-croisent lors de l'occlusion et emprisonnent ainsi le pollen dans leurs parois, qui se contractent. » Ces faits sont rigoureusement exacts, et nous avons pu, pendant un séjour en Australie et en Nouvelle-Calédonie, les observer nous-même. Dans cette dernière île, notre observation a porté sur une espèce du genre *Scævola* très-commune aux alentours de Nouméa, dont l'*indusium* ne présente qu'une moitié de coupe ; elle s'abat cependant suffisamment pour protéger le pollen dès que le stigmate en est couvert. Nous avons constaté chez ce *Scævola*, comme dans le *Goodenia cyanea*, que ce mouvement provoqué est promptement arrêté par l'influence des anesthésiques (éther et chloroforme, seuls agents alors à notre disposition).

Dans les Goodéniacées comme dans les *Brunonia* d'Australie que nous avons observés à ce point de vue, mais toutefois sans faire l'anatomie de ces organes supplémentaires fort singuliers, nous trouvons un but bien apparent et très-approprié aux besoins de la fécondation. Il est bien évident que les mouvements lents

[1] *Loc. cit.*, pag. 25

qui se produisent après la chute du pollen, n'ont pas d'autre but que de conserver cette poussière appliquée contre les papilles stigmatiques. Si l'on considère donc cette disposition spéciale comme une dégradation de celle que nous avons étudiée dans les stigmates bilamellés, on sera peu disposé à y voir un appui aux appréciations que nous avons données sur les fins de ce mouvement. Mais si l'on remarque que, dans ce dernier cas, les insectes sont sans intervention dans la fécondation (les fleurs par leur obscurité même expliquent cette abstention) ; que le stigmate, peu garanti par la corolle, est exposé à toutes les injures de dehors ; enfin, que les étamines éloignées promettent un faible tribut de pollen, on reconnaîtra volontiers que le rôle de l'indusie, très-sensible mais peu rapidement mobile, en tant qu'organe de protection, est bien plus accusé que celui des lames stigmatiques mobiles vraies. D'un autre côté, si l'on considère l'indusium, qui n'est que le disque développé, comme une complication d'organisation, on ne sera pas étonné de voir que cette division du travail, si c'en est une comme nous le pensons, s'accompagne d'une plus grande accentuation dans la finalité.

Quant aux Lobiacées, que Medikus a signalées comme douées d'irritabilité stigmatique, nos observations nous permettent d'affirmer qu'il y a erreur, au moins pour ce qui touche au *Lobelia erinus* et au *Syphocampylos bicolor*. Le fait visible est la saillie du pollen à l'extrémité supérieure du tube formé par l'accolement des 5 anthères : il rappelle ce qui se passe dans les Synanthérées, mais sans qu'il y ait à faire intervenir une cause première semblable. Dans l'espèce, les filets ne sont point irritables, et l'organe femelle pas davantage. Quand on vient à toucher les anthères, elles s'entr'ouvrent, et leur déhiscence est introrse ; de plus, les parois de ces sacs se contractent sous la même influence et par un mécanisme que nous n'avons pas su reconnaître. Le pollen ne trouvant aucune autre voie libre que la partie supérieure du tube (l'inférieure est obturée par les parties stylaire et stigmatique de l'organe femelle), s'engage dans le cylindre des anthères et fait bientôt saillie au-dessus de la couronne formée par ces organes.

Le phénomène, quoique très-lent, paraît se produire néanmoins sous l'influence de l'irritation mécanique ; dès lors nous avons pensé que l'indication du fait devait, sous toutes réserves, trouver sa place dans ce chapitre.

Nous n'avons pu observer ni les *Goldfussia* ni les *Stylidium*, dont les colonnes stylaires sont douées de mouvements provoqués. Il eût été cependant intéressant de soumettre l'étude de ce phénomène aux règles d'un déterminisme rigoureux ; c'est là une lacune que nous regrettons. Nous essayerons de la combler si les circonstances nous sont propices.

§ III. Du mouvement provoqué dans les étamines des SYNANTHÉRÉES.

En raison de l'attention particulière dont ces faits ont été l'objet de la part des physiologistes allemands dans des travaux récents, notre intention n'est pas de traiter la question avec les développements que nous avons donnés aux deux paragraphes précédents, à cause de l'absence presque complète de recherches sur les organes qui y sont étudiés. Ici nous sommes, au contraire, sur un terrain fréquenté ; aussi nous bornerons-nous à ajouter quelques observations nouvelles aux anciennes et à discuter ces dernières, en restant le plus bref possible.

C'est à Covolo (1764) qu'on reporte généralement, et à tort, l'honneur d'avoir découvert, dans le *Centaurea calcitrapoides*, le mouvement des filets des Cynarées; il suffit de consulter les tables de Medikus pour constater que P. Bosrel[1], en 1653, puis Cammerer[2], (*Camerarius*), en 1719, reconnurent ces phénomènes dans le *Jacea aromatica*, dans plusieurs autres espèces de *Jacea* et dans le *Carduus pratensis*. Cependant ils furent décrits pour la première fois et avec des détails pleins de vérité par Covolo[3], qui, après

[1] *Histor. et observ. medico-physicar.*, cent. IV, Observ. 100.

[2] *Ephem. cur. natur.*, cent. IX, pag. 194.

[3] *Dritte Forsetzung der vorlaüfigen Nachrichten von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen*, 1766, pag 125.

avoir exercé ses recherches et ses observations sur le *C. calcitrapoides*, puis sur divers *Cynara*, *Onopordon*, etc..., admit que ces organes se raccourcissent sans s'accroître en épaisseur. Kölreuter[3] reprit ces observations, les étendit à un grand nombre de plantes des divers groupes de *Chicoracées*, et crut reconnaître le même phénomène dans différentes espèces exotiques du genre *Scabieuse* (Dipsacées). Pfeffer[1] met en doute l'assertion de Kölreuter, après avoir constaté l'absence de ce mouvement dans les genres *Scabiosa* et *Knautia* ; pour ce qui nous concerne, nous sommes arrivé au même résultat négatif dans diverses espèces de *Cephalaria*, *Dipsacus* et *Morina*, ce qui nous porterait à croire que les Dipsacées en général sont dépourvues de cette propriété.

Après ces travaux vinrent successivement ceux de Gmelin[2], de Cohn[3], de Morren, de Kabsch[4], de Unger[5], de Dan. Müller, de Hofmeister[6] et enfin de Pfeffer[7], qui dans son long et récent mémoire passe en revue les diverses théories émises par ces auteurs et fait reposer définitivement la sienne sur des observations minutieuses faites sur le *Cynara scolymus* et sur le *Centaurea Jacea*.

On peut dire que parmi ces physiologistes, sauf Cohn qui admet la contraction simple, tous les auteurs allemands qui se sont occupés de cette question l'ont rattachée de loin ou de près aux phénomènes de tension étudiés magistralement par Hofmeister. Pour eux, comme pour ce dernier physiologiste, le mécanisme de ces mouvements est résumé en partie dans cette phrase de J. Sachs[8] : «Les organes du mouvement dont il est ici question sont animés

[1] *Physiolog. Untersuchungen*, pag. 82.

[2] *Irritabil. vegetabil. in singulis plantarum partibus explorata.* Tubingen, 1768, pag. 24.

[3] *Abhandlungen der schles. Gesellschaft für vaterl. Cultur.*, 1861, tom. I, pag. 1 à 48. — *Ueber die contractilen Staubfäden der Disteln*, in *Zeitschrift für wiss. Zoologie*, vol. XIII, cah. 3.

[4] *Botanische Zeitung*, 1861, pag 27.

[5] *Ibid.*, 1862, pag 112, et 1863, pag. 350.

[6] *Pflanzenzelle*, pag. 310.

[7] *Physiolog. Unters.*, pag 81 à 157.

[8] *Traité de botanique*, trad. Van Tieghem, pag. 1038.

par des forces à l'état de tension qu'une légère impulsion suffit pour mettre en jeu.» Pfeffer, reprenant la question en dernière analyse (1873), est arrivé à des conclusions dont il est utile de présenter ici le résumé général[1]. «L'expansion des cellules irritables résultant de forces développées dans leur contenu est engendrée en grande partie, si ce n'est totalement, par l'absorption endosmotique de l'eau. Cette cause n'exclut pas la possibilité de l'intervention particulière du *protoplasma* dans la tension des membranes, quoique cela ne soit pas vraisemblable.

» Une irritation détermine des changements qui, sans augmentation de la pression exercée par les membranes élastiques, rendent possible une sortie de l'eau contenue dans les cellules. On devrait considérer comme certain que le protoplasma seul est sensible, parce que la résistance à la filtration de l'eau dans les cellules diminue à la suite d'une irritation.

» Dans chaque cellule irritable, les conditions favorables à la sortie du liquide sont réalisées par la force élastique des membranes tendues : la sortie de l'eau et surtout le racourcissement de l'organe irritable sont augmentés par la tension passive des tissus.

» Les parois n'ont pas besoin d'être douées d'une propriété particulière de diffusion pour laisser passer, pendant la durée d'une excitation, la quantité d'humidité voulue dans les espaces intercellulaires.

» Les forces d'expansion développées dans le contenu cellulaire sont indépendantes de l'état spécifique d'irritabilité.

» Les modifications cellulaires survenues à la suite d'une irritation vont disparaissant et ne se laissent pas fixer par les substances qui suspendent l'irritabilité.

» Après une interruption des excitations prolongées, l'irritabilité fait retour dans un temps restreint, sans qu'aucun changement visible ne se manifeste extérieurement.»

Pour le cas spécial qui nous occupe, voici à quels résultats l'auteur est arrivé :

[1] *Phys. Unters.*, pag. 154 à 157.

« Dans les filets des Cynarées, les cellules parenchymateuses sont irritables; l'épiderme et le faisceau vasculaire sont, dans tous les cas, en grande partie tendus passivement, et ils conservent cette manière d'être après une contraction.

»*Les cellules cylindriques du parenchyme staminal se raccourcissent sans que leur diamètre augmente. Le liquide expulsé des cellules se rend dans les espaces intercellulaires en chassant l'air qui y est contenu.*

»Le diamètre en largeur ne varie pas sensiblement dans les filets, qui se raccourcissent après irritation, tandis que le diamètre radial augmente un peu en épaisseur, mais le volume total de l'étamine diminue certainement.

»La petite augmentation en épaisseur est occasionnée par les tissus tendus passivement, et aussi sans doute par les petits changements de distance et de position qui se produisent dans les cellules parenchymateuses. »

Comme on le voit, toutes ces propositions forment un ensemble parfaitement harmonisé à la théorie dont nous avons donné un aperçu synthétique dans notre Chapitre Ier, si bien qu'il suffirait de détruire les faits sur lesquels l'une d'elles repose pour que tout l'édifice fût anéanti. En somme, Pfeffer admet l'action prépondérante de la sortie et de la rentrée de l'eau dans les cellules et l'intervention secondaire des forces de tension.

Nos observations, par un hasard heureux, ont porté sur des espèces toutes différentes de celles qu'a examinées Pfeffer [1], et pour cela il nous a suffi de prendre les sujets les plus communs dans notre région. Tout d'abord nous devons dire que les faits qui vont suivre s'appliqueront non pas seulement aux *Cynarées*, dans lesquelles l'étude s'est cantonnée jusqu'ici, mais encore aux *Chicoracées* et aux *Corymbifères*, tribus auxquelles nous avons cru devoir étendre nos observations. Dans cette dernière division des Synanthérées, le mouvement staminal était à peu près inconnu,

[1] Nos recherches étaient commencées sur les Synanthérées dès 1870, c'est-à-dire trois années avant la publication du Professeur de Marbourg.

jusqu'à Pfeffer, qui le signale[1] dans le *Telekia speciosa*, et nous-même nous l'avons constaté dans plusieurs espèces des genres *Inula*, *Helianthus*, *Aster*, *Xeranthemum*, etc., en reconnaissant que dans les Radiées ce mouvement n'atteint jamais l'intensité maximum qui semble caractériser les Cynarées. Nous devons ajouter toutefois qu'il peut manquer dans quelques espèces de ce dernier groupe et dans le genre *Cynara* lui-même, tout comme il fait défaut dans beaucoup de Chicoracées et même dans certaines espèces des genres les mieux doués en apparence, sans que rien ne vienne anatomiquement rendre compte de cette anomalie fonctionnelle.

Nous ne croyons pas utile de reproduire ici la description générale et typique du mouvement dans les Cynarées: le phénomène est aujourd'hui devenu classique, et nous le considérerons comme connu dans son ensemble. Nous dirons seulement qu'il y a dans la manifestation de cette motilité deux faces du phénomène à considérer : une naturelle, l'autre expérimentale. La première, constituée par l'état normal, se produit dans les conditions ordinaires, c'est-à-dire quand l'étamine est attachée à la corolle d'une part, et de l'autre au tube formé par les anthères soudées. Nous venons de dire que nous la passons sous silence[2].

[1] *Phys. Unters.*, pag 151.

[2] Nous ne pouvons, cependant, laisser passer, sans les redresser, quelques erreurs de simple observation dont il nous a paru utile de parler ici, pour en empêcher désormais la reproduction. Pour le faire avec fruit, nous devons dire brièvement en quoi consiste le mouvement naturel, et nous ne saurions mieux faire que de reproduire, en l'écourtant, la description très-précise et très-nette qu'en donne Sachs (*Traité de bot.*, trad. Van Tieghem, pag. 1032). «Quand on irrite chez certaines Synanthérées les étamines par le choc, le frottement ou la chaleur (40 à 55°), en un endroit quelconque, on détermine des phénomènes compliqués dont le résultat est de faire exécuter un frottement de tout le tube des anthères contre la surface stigmatique, qui dans ce mouvement se trouve recouverte du pollen que les étamines laissent échapper.» — M. Baillon (*loc. cit.*, pag. 37), au sujet de ce mouvement, s'exprime en ces termes : « Joignons à ces exemples ceux des fleurs où le phénomène du mouvement se produit simultanément dans les organes des deux sexes. C'est dans la grande famille des Synanthérées que nous trouverons ces exemples ; d'une part, des filets staminaux du *Centaurea calcitrapoides*, séparés l'un de l'autre et touchés

La seconde se produit quand l'étamine séparée de ses deux attaches est libre de ses mouvements : elle était indispensable à connaître, en raison des recherches expérimentales qu'elle seule permet. Nous prendrons pour type les étamines de *C. Fontanesii*, qui par leur dimension rendent les observations faciles. Nous détachons un filet et le laissons, après irritation, revenir à son état normal, c'est-à-dire dans la position légèrement courbée qu'il occupe dans tous ces organes mobiles à l'état de repos, excepté chez les Radiées, où cette courbure est peu accentuée. Si nous déterminons *en un point quelconque* une irritation suivie de mouvement, voici ce que nous observons à l'œil nu : le filet se contracte, la face qui était convexe devient concave d'abord, puis convexe encore, et cela dans un temps très-court (2 à 3 secondes) [1]. A ce

isolément se tordent en différents sens ; dans leur état naturel d'adhérence, le rapprochement de leurs bords détermine la direction de leurs mouvements, tous se ploient de manière que les anthères effleurent le stigmate et y laissent adhérer le pollen (Covolo); de son côté, le pistil frôle en s'allongeant, l'intérieur du tube androcéen.... Il y a action réciproque; les deux organes cylindriques, pistil et étamines, sont ceux qui se meuvent, de sorte qu'on pourrait jusqu'à un certain point les comparer aux oviductes et aux canaux déférents.» D'après cette description, on devrait croire que le style s'allonge dans le tube androcéen en même temps que les étamines se contractent; et si c'est là ce qu'a voulu dire M. Baillon, il y a erreur. Le style s'accroît, mais ne se meut pas. Cette croyance à l'irritabilité du style semble avoir été partagée par M. Fournier, qui dans sa thèse d'agrégation sur la fécondation des Phanérogames (1863, pag. 64) s'exprime ainsi : « Quelquefois les deux organes mâle et femelle exécutent simultanément des mouvements favorables au transport du pollen. Ainsi, dans plusieurs Synanthérées (*Atractylis*, *Carduus*, *Carlina*, *Echinops*, *Carthamus*, *Onopordon*, *Serratula*, *Centaurea*, *Helianthus*), les filets se rapprochent pour mieux embrasser le stigmate, en même temps que celui-ci s'allonge pour passer entre eux, mouvement qui l'avait fait regarder par Grew comme étant l'organe mâle.» Cette erreur paraît du reste remonter plus haut, car Daniel Müller (*Bot. Zeitung*, 1853, pag. 789) dit avoir observé l'irritabilité dans les pistils de *Cryptostemma calendulacea* et d'*Arctotis breviscapa*. Pfeffer dit avec raison (*loc. cit.*, pag. 152) que, dans ces plantes comme dans toutes les autres Synanthérées, le mouvement de déjettement latéral du style provient uniquement de la rétraction inégale et non simultanée des étamines irritables.

[1] Covolo (*loc. cit.*) avait observé que des fragments d'étamines conservent leur irritabilité. Nous avons constaté le même fait; de plus, nous avons vu qu'on peut les sectionner longitudinalement et les dédoubler sans atteindre cette propriété. Pourvu

moment, le filet commence à s'allonger. Quelques auteurs disent [1] que cet allongement s'opère rapidement; c'est là un fait rare, car nous avons vu que généralement il faut, pour que l'étamine ait repris son état normal, au moins 5 à 6 minutes. Ce temps est beaucoup plus long dans les Radiées, où le mouvement est plus lent à se produire et où l'irritabilité fait retour moins promptement. Dans ce groupe, la courbure normale du filet est en effet très-peu accentuée, de telle sorte que le mouvement qui a pour résultat visible d'en modifier le sens est à peine perceptible et échappe à toute description.

Avant d'entrer plus avant dans le détail physiologique, nous allons donner un aperçu anatomique des organes qui nous occupent [2].

Si on examine à un grossissement convenable (50/1) le phénomène dont nous venons d'esquisser les apparences, on saisit les détails suivants. Le filet de *C. Fontanesii* n'est pas cylindrique : en partant de ce fait que l'ensemble des étamines forme autour de l'organe femelle une circonférence dont le centre est le style, on peut dire que la section de chaque filet est une ellipse dont le grand axe se trouve dans le sens de la tangente à cette circonférence, tandis que le petit occupe celui du rayon. L'organe présente donc deux faces qui regardent l'intérieur et l'extérieur de la fleur, et deux bords très-atténués qui sont sur les côtés. Pfeffer (*loc. cit.*, pag. 85) dit que la coupe des étamines de *Centaurea jacea* a la forme d'un rein : ici la comparaison n'est pas applicable. Ces deux surfaces sont couvertes de papilles qui n'existent pas dans tous les filets mobiles, et qui peuvent revêtir dans les

que les fragments restent atachés par leur double extrémité, l'irritabilité se conserve autant que l'évaporation n'a pas desséché l'organe.

[1] J. Sachs ; (*Traité de botanique*, trad. Van Tieghem, pag. 1045.

[2] L'étude anatomique de ces organes a été faite d'une manière à peu près spéciale pour les *Carduacées* par différents auteurs allemands, parmi lesquels il faut citer surtout Cohn, Unger, Kabsch et enfin Pfeffer. Nous avons porté intentionnellement notre attention sur les trois groupes des Synanthérées, pour voir si les conditions anatomiques nécessaires à la théorie de Pfeffer sont partout réalisées.

divers groupes les formes différentes que nous avons indiquées avec quelques détails dans les *fig.* 4, 6, 8, 9, Pl. II. Ces poils, au dire d'Unger [1], sont partagés dans les Cynarées par une cloison longitudinale. Pfeffer (*loc. cit.*, pag. 85) a ajouté que ces papilles reposent sur deux cellules dans les *Cynara*. Nous avons cherché à voir si ces dispositions sont générales. Nos observations sur les *C. Cyanus, bracteata, Calcitrapa* et *Fontanesii* ne confirment pas cette assertion. Dans ces poils, nous n'avons jamais trouvé une cloison, mais bien une traînée granuleuse qui, partant de la base de l'appendice, se rend jusqu'à son sommet. Ces prétendus poils cloisonnés, étudiés avec facilité dans les *C. bracteata* et *Fontanesii*, offrent l'aspect indiqué *fig.* 5 et 7, Pl. II : ils sont unicellulaires et présentent autour de leurs parois une couche de granulations qui, arrivées au sommet de l'organe, se réfléchissent vers le centre, où ils forment une traînée compacte venant rejoindre la base de la cellule unique qui a donné naissance à l'appendice papilleux. Il nous a été facile, en ouvrant un de ces poils, de nous convaincre que la traînée existe réellement, car elle s'échappe après dilacération de l'épiderme et se répand, dans le liquide ambiant, en une foule de petites granulations et de gouttelettes incolores. Nous avions déjà supposé que cette cloison n'existait pas, en partant de cette observation que, dans quelque condition que le poil fût observé, cette traînée se présentait au microscope sous l'apparence d'une simple ligne, et toujours avec les mêmes dimensions. Il en eût été tout autrement cependant si la cloison avait existé, et il se fût trouvé certainement un point où toute la surface se serait montrée. En parcourant la série des formes fort différentes que nous allons indiquer, il arrive quelquefois qu'outre la traînée granuleuse qui peut être double, comme dans les *Centaurea solsticialis*, *Cirsium acaule*, il existe entre l'axe du poil et les parois deux séries de globules huileux et très-réfringents.

[1] *Ueber die Structur einiger reizbarer Pflanzentheile.* (Botan. Zeitung, nº 15, pag. 113 à 119, 1862) : il est dit au sujet des poils de l'étamine des Centaurées, qu'ils consistent en *deux* cellules soudées ensemble dans le sens de la longueur. « *Sie bestehen aus zwei der Länge nacheinander verbundenen Zellen....* »

Quelles que soient leur structure et leur forme, ces filets ne jouent aucun autre rôle actif dans le phénomène du mouvement, malgré ce qu'en a pu dire Kabsch, si ce n'est de transmettre l'irritation quand ils la reçoivent directement. Leur nombre est quelque fois très-réduit ; ils peuvent disparaître même entièrement sans que la phénomène en soit influencé. Leur forme varie considérablement : on en trouve de capités (*fig.* 8), de subulés (*fig.* 9), de cylindriques (*fig.* 5, 6, 7), de pyramidaux (*fig.* 4), etc.; leur dimension enfin est comprise entre $0^{mm},02$ et $1/2^{mm}$ de longueur sur $0^{mm},01$ à 0,03 en largeur.

D'après quelques auteurs allemands, les filets seraient constitués, outre l'épiderme fortement cuticulé, par une couche parenchymateuse formée de trois à quatre assises de cellules cylindriques deux à six fois plus longues que larges, interrompues par des espaces intercellulaires remplis d'air, lesquels communiqueraient avec un faisceau vasculaire central assez développé. Pfeffer, après avoir appliqué ces données générales aux *Cynara* et *Centaurea*, qu'il étudie spécialement, ajoute que l'anatomie des filets de toutes les Composées s'accorde avec celle des Cynarées dans ses traits principaux (*loc. cit.* pag. 85). Les faits que nous avons observés dans les *C. Fontanesii* et *aspera* font cependant une large exception à cette règle générale, car nous n'avons pas trouvé trace des espaces intercellulaires sus-indiqués. La même disposition fait défaut dans les filets de *toutes* les Corymbifères à étamines irritables que nous avons examinées. Dans le *C. Cyanus*, comme dans le *Cichorium Intybus*, on ne trouve pas non plus de chambres à air. Ces filets renferment trois ou quatre assises de cellules cylindriques, longues, séparées par de minces cloisons transversales (on en trouve jusqu'à six et sept couches dans les *C. Fontanesii* et *bracteata*), et entourant un faisceau fibro-vasculaire très-développé : le tout est enveloppé d'un épiderme fortement cuticulé *et dépourvu de stomates* (Pl. II, *fig.* 10, 11, 14). Ainsi donc, ces cellules sont en parfaite continuité avec elles-mêmes et ne jouissent pas moins de la propriété de déterminer un mouvement après irritation. Cette disposition, exceptionnelle peut-être, et que Pfeffer se

refuse à accepter pour les *Cynara* et les *Centaurea*[1], n'en existe pas moins, surtout dans les Radiées motiles, et il est bien évident que, dans ces conditions, la théorie de l'expulsion du liquide cellulaire perd une grande partie de sa force. Pour pouvoir être adaptée aux cas spéciaux que nous signalons, elle aurait besoin de perdre son caractère de généralité et de subir des modifications qui ne la rendraient pas davantage l'expression de la réalité. C'est ce que l'auteur a tenté du reste, comme nous l'avons vu (Chapitre Ier, § 1, pag. 40) à propos des Berbéridées. Le contenu des cellules parenchymateuses a été l'objet des recherches de Pfeffer, qui a reconnu qu'elles renfermaient plus souvent du glycose que du tannin : nous avons constaté que les coupes des étamines de *C. Fontanesii* réduisaient facilement le réactif cupro-potassique ; mais la même constatation a été faite dans des étamines qui, comme celles des *Echinops bannaticus* et d'un grand nombre de Radiées, ne sont pas le moindrement irritables. Comme la présence de ce glycose est nécessaire à la théorie de Pfeffer pour expliquer le rappel de l'eau dans les cellules qui ont perdu ce liquide après irritation, on ne devrait le rencontrer, et en quantité considérable, que dans les étamines irritables; de plus, il devrait se rencontrer aussi dans toutes celles qui sont douées de cette propriété, et ce n'est certainement pas ce que l'on constate. Le même réactif est resté absolument sans effet (et nous avons suivi les procédés de Pfeffer) dans un grand nombre des Radiées irritables aussi bien que dans les *Microlonchus Clusii*, *Cichorium Intybus*, *Cent. Calcitrapa*, *Carlina lanata*, *Carthamus tinctorius*, *Cirsium acaule*, etc., bien connus pour leur motilité. Quant au protoplasma, dont nous aurons bientôt à parler, il présente, comme l'a reconnu Pfeffer et le plus souvent même dans les organes non irritables, un mouvement de rotation identique à celui qui a été décrit dans quelques poils des étamines, celles de Centaurée notamment.

Ces données anatomiques acquises, nous poursuivons le côté

[1] Voyez *Botanische Zeitung*, nº 17, pag. 289, l'article déjà cité : «*Heckel's Ansichten*, etc.»

physiologique en abordant la question de l'augmentation des différents diamètres en épaisseur et en longueur pendant le raccourcissement. Comme nous l'avons dit déjà, nous ne nous en sommes pas tenu aux *Centaurées* seulement, et c'est en étudiant surtout les mouvements des *Radiées* que la solution du problème des mensurations exactes nous a paru simplifiée. Nous avons déjà dit que les courbures existent normalement dans les filets, avant comme après l'excitation ; c'est là un grand obstacle pour la parfaite exactitude des mensurations, en ce sens qu'il faut s'en tenir à apprécier les différents degrés de raccourcissement au moyen de la corde qui appartient à la courbe formée par le filet. On échappe partiellement à cette cause d'erreur en employant les filets le plus souvent aplatis des Radiées. Nous nous sommes servi de ceux de l'*Inula viscosa* parmi les dernières, de ceux des *C. bracteata* et *Fontanesii* parmi les Cynarées, enfin du *Cychorium Intybus* parmi les Chicoracées, pour étudier le raccourcissement et l'épaississement de ces organes en rayon et en tangente. Nous donnons ici le tableau des différents nombres que nous avons obtenus au micromètre, en faisant remarquer que ces mesures ont été prises au grossissement de 100 diamètres sur des fleurs récemment épanouies et sur des organes maintenus dans un espace humide, selon la recommandation de Pfeffer. Les étamines étaient séparées de leurs anthères, mais attenantes encore à la corolle ; dans cet état, elles furent placées sur le porte-objet, puis irritées avec une aiguille et observées sur-le-champ. Toutes ces mesures n'ont pas demandé plus de 15 secondes pour être prises : cette promptitude d'observation est nécessaire si l'on ne veut pas avoir de résultats troublés par l'état de retour de l'étamine à la position normale, état qui commence à se produire dès que le mouvement d'irritation a cessé. Toutes les précautions indiquées par Pfeffer ont été rigoureusement observées, et on verra néanmoins que les résultats propres à cet auteur et les nôtres sont loin d'être concordants. Faut-il attribuer cette discordance seulement à la différence des espèces sur lesquelles nous avons opéré ? Nous ne saurions l'admettre.

CENTAUREA FONTANESII.

Mesures du changement dans le diamètre radial et tangentiel et du raccourcissement en longueur.

Longueur de l'organe observé avant l'irritation.	Longueur de l'organe observé après l'irritation.	Augmentation de l'épaisseur °/₀.	Augmentation de la largeur °/₀.	Diminution en longueur °/₀.	Proportion entre l'épaississement et le raccourcissemeut.
24	20	11.6	4.3	16.6	1.7 : 1.1
22	17	12	8	23.2	2.3 : 1.2
25	20	15	4.8	20	2.0 : 1.5
27	21	15	6.2	22	2.2 : 1.5
30	25	15.5	2	17	1.7 : 1.5
28	22	13	7.8	21.4	2.1 : 1.3
Moyennes....		13.05	5.5	20.1	2.4 : 1.35

INULA VISCOSA.

Mesures du changement de longueur, d'épaisseur et de largeur (diamètre radial et tangentiel).

Longueur de l'organe observé avant l'irritation.	Longueur après l'irritation.	Augmentation de l'épaisseur °/₀.	Diminution en longueur °/₀.	Augmentation en largeur °/₀.	Proportion entre l'épaississement et le raccourcissement.	Proportion entre la largeur acquise et le raccourcissement.
18	17	3.2	5.5	1.4	3.2 : 5.5	1.4 : 5.5
16	15	2.8	6	3	2.8 : 6	3. : 6
12	11	2	8	5.6	2 : 8	5.6 : 8
20	19	3.9	5	1.6	3.9 : 5	1.6 : 15.5
19	17	4.6	10.5	5.3	3 : 10.5	5.3 : 10.5
18	17	3.2	5.8	1.4	3.2 : 5.8	1.4 : 5.8
Moyennes...		3.3	6.8	3.0	3.3 : 6.8	3 : 6.8

En rapprochant les données fournies par ces tableaux et établies sur un nombre suffisant d'observations, on voit d'abord quelle différence il peut exister dans les résultats d'un phénomène qui est considéré comme identique, et qui, en effet, revêt les mêmes apparences et reconnaît, d'après nous, les mêmes causes. Tandis que, dans les Centaurées, nous trouvons un raccourcissement moyen de 24 %, il n'est plus que de 6 et 8 %, c'est-à-dire le quart du premier dans l'*Inula*, et probablement dans le plus grand nombre des Radiées. D'autre part, l'augmentation en épaisseur et en largeur additionnée se rapproche beaucoup de la diminution totale par raccourcissement : fait très-important. Enfin, dans un cas (les Cynarées), le diamètre radial est celui qui augmente le plus pour compenser le raccourcissement, et dans l'autre (Radiées), c'est le diamètre tangentiel qui s'accroît le plus.

Tous ces chiffres se rapprochent assez sensiblement de ceux qui ont été donnés par Cohn (les Radiées exceptées, cet auteur ne les ayant pas étudiées), et dès lors nous pensâmes qu'il importait, dans les cas actuels, de connaître les conditions intimes du mouvement en employant le procédé de l'intervention des anesthésiques, comme dans les cas précédemment étudiés. Cet artifice nous permettait d'arriver facilement à connaître l'état normal du contenu des cellules avant qu'aucune irritation n'eût été portée sur les organes, et tous nos soins ont tendu vers ce but. Nous y sommes arrivé en élevant nous-même en serre, et sous une vigilance continuelle, un pied de *Centaurea aspera*. Nos recherches ont porté sur cette espèce, sur le *C. Fontanesii*, et sur le *Cichorium Intybus*. Nous avons donc anesthésié des fleurs intactes, et pendant l'insensibilité, il fut détaché un fin lambeau du tissu qui s'est présenté sous l'aspect donné par les *fig.* 10, 11, 12, Pl. II. Ces cellules répondent bien à notre description générale. Le protoplasma, comme nous l'avons déjà remarqué pour les Berbéridées, est, dans toutes les cellules, disséminé plus particulièrement sur les parois. Ces constatations faites dans l'ensemble des organes mis en observation, nous prenons plusieurs fleurs non anesthésiées et nous les soumettons à une contraction. Le mouvement

effectué, nous mettons rapidement à profit le laps de temps employé par l'organe dans son retour à l'état de repos, pour enlever promptement un lambeau longitudinal de tissu, qui est soumis sur-le-champ à l'observation et dessiné à la chambre claire. La *fig.* 13, Pl. II, indique l'état ultime de contraction observé dans les cellules irritables. Comme on le voit par le schéma de cette figure, le protoplasma indiqué sous forme de hachures est concentré au milieu de la cellule qui s'est raccourcie d'une certaine quantité (*Centaurea Fontanesii*); la *fig.* 14 donne la contraction sénile considérable d'un filet de *Centaurea Fontanesii*. Dans ce dernier cas, l'épaississement des parois cellulaires est considérable (43,05 %), et il est remarquable que, comme cela se produit également pour l'*Inula* et le *Cichorium*, malgré la contraction considérable que subit la membrane d'enveloppe de la cellule, celle-ci ne porte aucune trace de plissement sur toute son étendue[1].

Ces faits de pure observation pourraient se passer, à notre avis, de tout appui physiologique ; ils rapprochent manifestement le phénomène du mouvement, dans les Synanthérées, de celui que nous avons étudié dans les Berbéridées, sauf pour ce qui a trait aux cellules *ressort*, qui manquent absolument ici.

Indépendamment de toute irritation, dit J. Sachs[2], les filaments se raccourcissent, avec lenteur mais constamment, à mesure qu'ils vieillissent, et le mouvement continue même lorsque ces organes ont perdu toute leur irritabilité. D'après le même auteur, cette rétraction lente pourrait aboutir à un maximum de 45 % de la longueur primitive. Nous avons étudié ce phénomène sur le plus grand nombre de Synanthérées possible, et d'après les tableaux que nous avons sous les yeux (nous ne croyons pas devoir les reproduire ici), cet état de contraction sénile ne serait guère plus considérable (hormis dans les Cynarées, où le chiffre de

[1] D'après Cohn (*loc. cit.*), les cellules du tissu irritable seraient, dans l'état normal, striées longitudinalement, et transversalement au contraire lorsque les filets sont raccourcis. Malgré tous les soins que nous avons pu y mettre, nous n'avons pu constater les faits signalés par cet auteur.

[2] *Traité de Physiologie végétale*, trad. de M. Micheli, pag. 513.

Sachs est exact) que le maximum de contraction déterminé par l'irritation. Il commence généralement à se produire dès le sixième jour, quand les fleurs détachées de la plante sont conservées dans un verre d'eau, et elle marche avec assez de rapidité pour qu'en trois jours le maximum soit atteint. Dès que ce phénomène se manifeste, c'est un signe certain que la sensibilité a baissé considérablement et qu'elle est sur le point de disparaître: il doit y avoir certainement une relation à établir entre la succession de ces deux phénomènes, qui produisent en somme des résultats sinon toujours identiques du moins comparables.

Action des agents pondérables et impondérables sur le mouvement des Synanthérées. — Après avoir fait connaître quelques faits sur l'ensemble du mouvement staminal, que nous revoyons sommairement, nous croyons devoir terminer en donnant les conditions extérieures qui peuvent en retarder ou en diminuer l'activité. Ces points nous ont paru assez peu étudiés pour fixer notre attention.

On sait généralement qu'il suffit de porter une excitation sur le filet même des étamines, et dans un point quelconque de cet organe, pour déterminer la contraction. Il n'est pas indispensable, rappelons-le, que l'excitant soit appliqué sur le tissu du filet lui-même : nous avons vu que les poils dont ces organes sont souvent couverts, quoique passifs eux-mêmes, transmettent parfaitement cette irritabilité. Nous avons même observé au microscope, sur les *C. bracteata* et *intybacea*, que l'irritation portée avec une aiguille sur la pointe des filets, déterminait le mouvement en une seconde, tandis qu'appliquée sur l'épiderme directement, il en exigeait deux. Sous l'influence du vent, il est d'observation vulgaire que la plupart de ces étamines (Radiées exceptées) se mettent en mouvement, surtout dans les capitules des Cynarées [1]. L'ex-

[1] *Voyez* dans J. Sachs, trad. Van Tieghem, pag. 1032, le passage suivant : « Si l'on souffle sur le capitule, les nombreuses fleurs entrent toutes à la fois en fourmillement ».

plication de ce phénomène se trouve ici surtout dans le frottement de la corolle contre les filets irritables; il n'est donc pas absolument comparable à ce qui se produit dans les Berbéridées, où le vent seul suffit à déterminer la contraction. Ici, une étamine séparée de la fleur, et ne subissant par conséquent aucun contact, n'obéit pas à cet excitant.

Le vide est sans action sur ce mouvement, comme dans les stigmates irritables. Parmi les agents impondérables excitateurs, il faut citer en première ligne la chaleur. Nous avons souvent remarqué que le *maximum* d'amplitude, dans toutes les étamines mobiles, correspond chaque jour au *maxima* thermométrique, et que cette amplitude a non-seulement des variations horaires, mais encore qu'elle baisse ou augmente chaque jour avec le degré qu'a atteint la colonne thermométrique. La même relation s'observe entre le *minimum* d'amplitude et le *minima* thermique.

Les observations qui ont donné lieu à ces conclusions ont été faites pendant les deux années 1873 et 1874, en juillet et en août, sur l'ensemble de la famille.

La chaleur reste un excitant latent jusqu'à 42°; à ce degré, elle détermine une contraction, comme si un attouchement avait été pratiqué. La brûlure à la loupe produit les mêmes effets.

L'action de l'électricité a été l'objet de recherches suivies. Cohn[1] avait, au moyen de l'appareil de Jürgensen, appliqué cet agent aux étamines de *C. Scabiosa* ; nous avons préféré, à cause de leurs dimensions plus considérables, utiliser pour les mêmes recherches les filets des *C. Fontanesii*, *macrocephala* et *bracteata*. Comme dans les autres mouvements, nous avons à connaître non-seulement l'action générale de l'électricité sur ces organes, mais encore le degré de tension de l'électricité correspondant à ces actions différentes.

Pour apprécier l'intensité des courants, nous avons employé l'électromètre, ainsi qu'il a été dit pag. 58, et nous avons suivi les

[1] J. Sachs ; *Phys. végétale*, trad. de M. Micheli, pag. 88.

indications mêmes de Jürgensen, avec quelques modifications.

« On introduit, dit cet auteur, dans le circuit un appareil reproducteur qui relie les deux fils de cuivre et sert de pont entre eux, l'extrémité de la corolle reposant sur l'un et les anthères sur l'autre ; les filaments sont parfaitement libres et peuvent s'allonger ou se raccourcir sans rencontrer d'empêchement mécanique. » Il nous a semblé que cette disposition offre quelques inconvénients, en ce que l'électricité peut s'accumuler inutilement dans l'enveloppe florale ; nous avons donc supprimé ce dernier organe en n'en conservant que l'extrémité inférieure, sur laquelle sont insérés les filets. Cet anneau corollaire reposait sur un des fils de cuivre, tandis que l'autre recevait le tube formé par les anthères. Dans ces conditions, nous faisons passer un courant dont la force est indiquée par un galvanomètre dont les déviations avaient été mesurées à l'avance, et nous observons que lorsque l'intensité est marquée par un angle des aiguilles de 40 à 42°, le mouvement se produit dans les filets en présentant les phases bien connues qui suivent l'excitation par contact. Ces faits, sauf la mesure de l'intensité, avaient été aperçus par Cohn, seul physiologiste que ces phénomènes aient intéressé ; mais cet habile observateur laissa échapper un fait important. Il ne remarqua point que, pendant tout le temps de la durée de l'influence électrique, ces organes conservent leur état de contraction sans avoir la moindre tendance à revenir à leur situation première, tant que la tension de l'électricité ne dépasse pas une certaine limite. Il faut absolument que le courant soit interrompu pour que l'étamine puisse reprendre sa force contractile, et cette propriété se reconquiert après six à huit minutes de repos. Ce laps de temps écoulé, un nouveau courant détermine une nouvelle contraction, et on peut reproduire ce phénomène très-longtemps si l'intensité du courant n'augmente pas inopinément et ne dépasse pas la limite de tension supportée par ces organes. Nous avons continué sur un grand nombre d'étamines l'expérience pendant un jour tout entier, sans jamais avoir observé de diminution dans l'amplitude des mouvements. En augmentant la puissance du courant jusqu'à 80°

du galvanomètre, nous avons obtenu la disparition de l'irritabilité après une seule contraction, même sur les plus gros filets. Dans ce cas ces filets meurent dans la période de contraction. Cohn avait observé qu'un courant trop fort (il n'en indique pas l'intensité) tue les étamines, et que celles-ci, une fois raccourcies par l'action de l'électricité qui a déterminé la mort, ne se rallongent plus. Nous avons constaté, au contraire, un retour constant à l'état primitif des filets ainsi foudroyés, et ce retour ne se produisait du reste que dans un temps double ou même triple de celui qui est employé pour le même but, dans les conditions physiologiques.

La chaleur, avons-nous dit, exerce une puissante action sur le développement de l'irritabilité; la lumière, avec son escorte de chaleur et d'actions chimiques, devait nous fournir quelques observations d'autant plus intéressantes qu'elles n'avaient jamais été dirigées dans ce sens. L'obscurité exerce sur ces mouvements une action assez rapidement destructive, surtout quand la privation de lumière est accompagnée d'absence de chaleur[1]. Ces résultats nous ont été fournis par l'occlusion, dans une armoire complétement obscure, d'un pied de *Cent. aspera* en pleine floraison (2 juillet 1873, Temp. = 25° C.). Le 3, le mouvement est rapide; le 4 au matin (6 heures), l'organe répond aux excitants connus, mais avec un peu de retard; le 5 au matin (8 heures), l'amplitude du mouvement a diminué très-sensiblement; le 5 au soir (7 heures), le mouvement est suspendu et la plante ne paraît pas avoir souffert beaucoup plus, d'une manière générale, qu'un pied témoin conservé dans les conditions ordinaires et dans lequel l'irritabilité était intacte.

En fin octobre 1874, nous avons répété l'expérience ci-dessus, relative à l'action de l'obscurité sur un plant de *C. aspera* entouré d'une source de chaleur diffuse : de l'eau à 100° enfermée dans un vase en grès était placée autour du plant en fleur, qui

[1] Nous avions été mis sur la trace de ces faits en remarquant que pendant les nuits fraîches de septembre et d'octobre les filets de *C. aspera*, très-sensibles durant toute la journée, perdent manifestement une partie de leur irritabilité.

végétait ainsi dans une atmosphère maintenue artificiellement à une température de 26 à 28°. D'autre part, et dans des conditions identiques d'obscurité, un sujet de même force était maintenu à une température moyenne de 14°. Cette expérience comparative fut très-probante : la sensibilité disparut dans le second sujet deux jours plus vite que dans le premier. Ce point acquis, nous avons recherché le degré de température qui fait disparaître l'irritabilité sans retour : pour cela, nous avons placé des fleurs de divers *Centaurea* dans des manchons métalliques entourés de glace pilée; à 0°, cette propriété cessait déjà de se manifester, mais elle put être rappelée en plongeant ces mêmes organes dans de l'eau maintenue entre 12 et 14°. La sensibilité avait disparu sans retour, quand nous descendîmes, au moyen de mélanges réfrigérants, à — 14°.

En somme, ces résultats se rapprochent de ceux que nous avons obtenus déjà sur les étamines des Berbéridées et sur les stigmates mobiles des Dicotylédones gamopétales.

L'éclairage continu, pratiqué comme nous l'avons indiqué pag. 55 pour les Berbéridées, nous a donné des résultats identiques et plus constants. Nous avons vu, après 5 jours d'expérience, l'irritabilité aller s'accroissant, de sorte que la torsion de l'étamine se produisait instantanément après le plus faible contact. Il est probable que l'intensité des rayons solaires, qui se traduit par un maximum diurne, doit joindre à l'influence calorifique une part d'action due à la lumière. Après avoir constaté l'influence de l'obscurité et de la lumière continue, nous devions rechercher ce que devient l'irritabilité des Synanthérées lorsque la plante est soumise à l'action des différents verres colorés.

Ici encore, après des expériences très-multipliées faites pendant les deux étés de 1873 et de 1874, sur le plus grand nombre de plantes des différents groupes de cette famille, nous sommes arrivé, en employant les lanternes de M. Bert, déjà décrites pag. 55, à constater que, sauf le *noir* et le *vert*, les autres couleurs du spectre ont été à peu près sans action sur la sensibilité. Sous les verres noirs et verts, les capitules de diverses Centaurées

perdaient leur sensibilité en une moyenne de 4 jours, sans qu'elle pût être rappelée par un retour aux conditions ordinaires. Selon la recommandation de M. Bert, nous avons obtenu un verre *violet* en employant une solution d'iode dans le sulfure de carbone, et cette couleur est restée sans effet bien sensible sur l'irritabilité des Cynarées. Ces résultats sont, en général, conformes à ceux que nous avons obtenus sur les Berbéridées.

L'action des agents de nature chimique devait aussi nous occuper. Parmi les corps qui se sont révélés jusqu'ici comme excitants de l'irritabilité fonctionnelle, il faut citer l'*ammoniaque*, qui dans le cas actuel nous a donné une exception remarquable. Cette substance employée, soit en solution, soit à l'état de gaz, ne produit aucun effet sur tous ces organes. Quand nous avons exposé au-dessus d'un flacon contenant une solution concentrée de gaz, un capitule bien épanoui et bien irritable d'une Centaurée quelconque, le seul effet visible a été un changement de couleur des organes motiles. Les anthères violettes passent à la couleur bleue, mais aucun mouvement ne se produit, quelle que soit la durée d'action de l'agent chimique. Les vapeurs irritantes de *chlore*, d'acides *chlorhydrique*, *cyanhydrique*, *acétique*, etc., restent aussi sans effet, contrairement à ce que nous avons vu dans les Berbéridées.

J. Sachs [1] dit que les étamines de Centaurée se contractent lorsqu'on les tue par immersion dans l'alcool, la glycérine ou l'eau. — Nous avons observé l'effet de l'immersion dans l'alcool à 85°, et constaté en effet la mort suivie de rétraction : le même résultat a été obtenu avec le même liquide à 50°, 40° et 30° ; à 20°, la mort et la contraction ne se produisent plus. Quant à la glycérine pure, elle détermine l'effet indiqué par Sachs, mais elle ne produit plus ce résultat dès qu'elle est mélangée aux deux tiers d'eau; à plus forte raison l'eau pure ne détermine-t-elle pas les désordres que lui attribue le savant allemand. Nous avons constaté qu'on peut plonger des capitules entiers sous l'eau et que

[1] *Physiologie botanique*, trad. de M. Micheli, pag. 513.

là en effet l'irritabilité semble paralysée, mais elle n'a pas disparu ; il suffit, pour s'en convaincre, de tirer les fleurs de ce milieu et de les mettre à dessécher dans l'air : l'irritabilité revient dès que l'eau s'est évaporée. Ce fait a été observé par nous dans les étamines irritables des trois tribus de Synanthérées.

Nous avons déjà signalé l'absence d'action du vide : le plus grand nombre des gaz neutres que nous avons eu l'occasion d'essayer sur les Berbéridées (*oxygène, azote, hydrogène sulfuré, acide sulfureux*, etc...) a donné le même résultat. Il en a été tout autrement avec le groupe des anesthésiques, qui est venu ici confirmer la généralité de son influence caractéristique. Ces substances ont agi avec une promptitude qui a varié avec les espèces auxquelles on les appliquait, mais dans des limites si étroites que nous n'en avons pas tenu compte. Nos expériences, qui ont porté sur le plus grand nombre possible de Cynarées très-mobiles, ont été faites par une temp. de 20° à 25° ; elles nous ont donné le classement suivant pour la rapidité d'action de ces substances : 1° Bromoforme (agit dans 5 à 6′) ; 2° Chloroforme (9 à 11′); 3° Oxyde de carbone (12 à 15′) ; 4° Éther sulfurique (13 à 15′); 5° Sulfure de carbone (12 à 16′). — Le chloral est resté sans effet, comme sur les organes précédemment étudiés. Nous avons remarqué que, l'insensibilité étant produite, la mort de l'organe, par une exposition prolongée à l'action des anesthésiques au-delà de ce terme, était d'autant plus prompte à survenir que son tissu est plus ténu. C'est ainsi que dans le *C. Cyanus* et dans le *Cichorium Intybus*, qui se font remarquer par la ténuité du filet, le moment précis où l'insensibilité fait place à la mort de l'organe est difficile à saisir. — En général, quand ce terme ultime n'a pas été atteint, une exposition à l'air d'une durée de 8 à 9 minutes suffit pour assurer le retour de l'irritabilité.

Nous arrêtons là ce qui a trait aux étamines des Synanthérées, quoique cette étude, dans la direction que nous lui avons donnée, soit encore loin d'être terminée. Nous prévenons donc nos lecteurs que ce chapitre encore inachevé, mais suffisant pour donner une idée de nos recherches, servira de prélude à un travail plus com-

plet qui aura pour but spécial de montrer en détail les lacunes que présente l'étude de M. Pfeffer sur le même point, et par conséquent de mettre en évidence, plus encore que n'ont pu le faire les faits déjà signalés ici, l'inanité de sa théorie, quand elle a la prétention de vouloir tout expliquer.

§ IV. Du mouvement mixte (provoqué et spontané).

Cette forme doit-elle être considérée comme formant le passage du mouvement spontané au mouvement provoqué, quand on marche du composé au simple, ou comme une accumulation de ces deux phénomènes, et par conséquent comme une complication fonctionnelle? Nous adoptons entièrement cette dernière manière de voir, et nous essaierons de la justifier.

Les plantes douées de *mouvement mixte* sont en moins grand nombre que celles qui sont caractérisées par l'un ou par l'autre de ces phénomènes, et, entre toutes, le type le plus important est celui de la *Sensitive*, qui a été l'objet de nombreux travaux, parmi lesquels il faut surtout rappeler celui de M. Bert et celui plus récent de Pfeffer[1]. Pour compléter ces études en vue de connaître les conditions exactes de l'accumulation de ces mouvements, il faudrait, à l'imitation du premier de ces auteurs et en suivant la méthode dont il s'est servi, entreprendre l'analyse du même phénomène dans les organes reproducteurs, et nous sommes assuré qu'on trouverait beaucoup d'analogie entre ces manifestations et celles qu'on observe dans les organes foliaires non transformés. Les recherches que nous allons exposer n'ont pas la prétention de remplir ce desideratum : le mouvement provoqué ayant plus particulièrement fixé notre attention, ainsi que nous l'avons annoncé au début, nous avons surtout concentré nos forces sur cette partie du phénomène complexe qui caractérise le mouvement mixte, sans nous occuper, ni du *mouvement spontané*, ni des relations intimes de coexistence qui existent entre ces deux phénomènes.

[1] *Physiologische Untersuchungen*, pag. 3 à 86.

Dans les familles que nous passons en revue (Tiliacées, Cistées, Cactées, Portulacées), le mouvement spontané, toujours identique dans ses résultats, existe très-accentué aussi bien dans les enveloppes florales que dans l'androcée : c'est dans ce dernier verticille seulement qu'il se complique de mouvement provoqué. Cette manifestation de l'irritabilité fontionnelle y est justiciable des anesthésiques, et il est à remarquer que ces agents font sentir leur action dans le cas présent, aussi bien lorsque les étamines sont relevées contre le pistil que quand elles en sont éloignées. Ce fait doit trouver son explication : d'une part, dans la persistance, après l'action des anesthésiques, du mouvement spontané, qui agit indépendamment de son congénère lié à l'état d'irritabilité ; de l'autre, dans l'absence des cellules *ressort* que nous avons touvées dans les Berbéridées. Il résulte de ce dernier fait que le mouvement mixte mal orienté manque de sens dans quelque cas et a pour résultat, tantôt d'éloigner les étamines de l'organe femelle, tantôt de les en rapprocher.

Le mouvement spontané s'y produit en dehors du mouvement provoqué et sous l'influence des seuls excitants cosmiques, qui réclament impérieusement le concours d'un certain degré de température. Il se manifeste simultanément dans les enveloppes florales et dans l'organe mâle.

A part la Sensitive, c'est dans le *Cistus Helianthemum* et le *Cactus opuntia* que le mouvement mixte fut observé pour la première fois par Vaillant, qui, au dire de Medikus, le signala en 1717[1]. Il faut admettre que cet auteur le fit connaître sans en rechercher la cause, car son élève favori Chicoyneau le fils, qui étudia les mêmes phénomènes et fit communication de ses vues à l'Académie royale des Sciences de Montpellier (27 février 1732), en profita pour donner une explication fort ingénieuse, très-simple, mais à coup sûr très-inexacte de ces faits. Duhamel,

[1] Burdach dit dans son *Traité de physiologie*, tom. II, pag. 12, et après lui Morren (*loc. cit.*) répète que Duhamel est l'auteur de la découverte du mouvement de l'*Opuntia vulgaris* ; c'est là une erreur que nous n'avons pas voulu laisser subsister.

Adanson, Kölreuter, Gmelin s'en occupèrent ensuite, mais sans faire autre chose que les signaler. En 1766, Kölreuter étendit pour la première fois les mêmes études aux *Cistes* proprement dits et en particulier aux *Cistus apenninus* et *ledifolius*, et la même année aux *Cactus tuna, hexagonus* et *grandiflorus*. Depuis cette époque jusqu'à nos jours, aucun travail ne s'est produit sur ce sujet; c'est à peine même si quelques-uns d'entre ces organes sont cités dans le travail de Desfontaines.

Il faut arriver aux monographies de Morren sur le *Cereus*[1] et surtout sur le mouvement et l'anatomie des étamines de *Sparrmannia africana*, pour trouver quelques traces bien marquées de recherches plus ou moins heureuses, faites en vue de trouver une explication à ces singuliers phénomènes.

Les mouvements des *Portulaca* sont à peine signalés, et encore rarement, dans quelques auteurs, mais sans que rien ne soit précisé ni dans la nature, ni dans la durée, ni dans le sens du phénomène. Les physiologistes les plus compétents de notre époque qui se sont occupés de cette question semblent même ignorer que ce mouvement se trouve dans cette famille. Il n'en est pas fait mention dans l'énumération assez complète des mouvements provoqués que donne Pfeffer à la suite de son travail sur la Sensitive et sur les filets des Synanthérées[2].

Les mouvements des *Sparrmannia* étant, grâce aux travaux de Morren, les plus connus parmi tous ceux dont nous entreprenons l'examen détaillé et présentant du reste des analogies considérables avec ceux-ci, nous nous sommes résolu à prendre cette étude comme type, à la refaire avec quelques détails, puis à signaler ensuite les dissemblances qu'ils présentent avec ceux moins connus du même groupe. Ces différences existent, elles sont nombreuses, et nous verrons que ce qu'il y a de plus commun, en dernière analyse, dans ces phénomènes qui reconnaissent

[1] *Observations sur l'anatomie et la physiologie du* Cereus (*Bull. de l'Acad. roy. des Sc.* de Bruxelles, tom. V et VI).

[2] *Physiologische Untersuchungen*, pag. 152.

du reste une même cause, c'est la présence simultanée et l'indépendance du mouvement provoqué et du mouvement spontané. Dans tout ce qui va suivre, nous avons surtout comme objectif, il est bon de le répéter encore, ce qui a trait au mouvement provoqué.

Du mouvement mixte dans les étamines de SPARRMANNIA; CISTUS, HELIANTHEMUM, PORTULACA, CEREUS et CACTUS.

Historique. — Nous réunissons dans une même étude physiologique tout un groupe d'organes mâles certainement dissemblables par leur forme extérieure, mais doués d'un mouvement mixte, dont le déterminisme nous a paru être, sinon identique, du moins très-rapproché. Leur structure anatomique offre beaucoup de points de contact, si bien que le phénomène peut être expliqué, même dans les conditions les plus complexes, en tenant uniquement compte des données que la simplicité de quelques-uns d'entre eux permet d'acquérir facilement.

La partie anatomique sera traitée séparément, et nous condenserons en un seul corps tout ce qui touche à la physiologie. Ces phénomènes, nous le répétons, ont été étudiés déjà, et dans quelques-uns des organes même où nous les soumettons de nouveau à l'analyse expérimentale. Si nous considérons comme utile d'en reprendre l'étude, c'est uniquement parce que les auteurs qui s'en sont occupés ont toujours confondu ces mouvements avec ceux qui sont purement spontanés, en négligeant les conditions spéciales qui en permettent la différenciation, et que, de plus, dès l'abord, les données anatomiques qui ont servi de base à la théorie de ces mouvements nous ont paru entachées d'erreurs. Dans les phénomènes bien connus, nous ne reviendrons que superficiellement sur les faits admis et bien constatés; mais comme nous aurons à signaler certains organes dans lesquels le mouvement mixte a été seulement constaté, et d'autres où il est resté à peu près inconnu jusqu'à nous, on trouvera naturel que nous réservions les détails pour les faits nouveaux.

Les mouvements mixtes des *Sparrmannia* furent observés pour la première fois par Mirbel, qui après les avoir découverts les décrivit dans un ouvrage élémentaire [1], où il les rapprocha fort peu judicieusement de ceux du *Berberis vulgaris* et de ceux de l'*Opuntia vulgaris*, dont les apparences sont cependant bien dissemblables. Cette comparaison, établie sur deux erreurs de pure observation, montre encore jusqu'à quel point ces phénomènes étaient méconnus[2]. Cependant, comme le fait judicieusement remarquer Morren [3], cette découverte, malgré la singularité du phénomène qu'elle montrait au jour (il éloigne les étamines du pistil au lieu de les rapprocher et constitue par conséquent une exception parmi ceux qu'on connaissait jusque-là), passa inaperçue. La plupart des botanistes de l'époque ne signalèrent même pas le fait, ou, s'ils le firent, ce fut en commentant à son sujet de nouvelles erreurs semblables à celle de Mayen, p. ex., qui assimile le mouvement de ces étamines à celui des *Kalmia*, où ce mouvement est cependant bien différent. Il faut arriver jusqu'à Morren pour rencontrer un travail spécial sur ces phénomènes. Malgré les erreurs qui les obscurcissent, ces recherches, on le sent à première lecture, sont le fruit d'une longue observation, car il est des détails d'une exactitude telle, qu'on souhaiterait d'en retrouver la trace dans toutes les parties de cette étude. Les observations que nous avons à signaler nous mettront souvent en contradiction avec les résultats fournis par le botaniste belge ; mais nous reconnaissons volontiers que son travail nous a été d'une très-grande utilité à bien des points de vue.

Les organes mobiles que nous étudions présentent le caractère commun d'être doués, de même que la *Sensitive*, de deux ordres de mouvement : 1° des mouvements lents constituant ce qu'on appelle chez les *Mimosa* l'état de *sommeil* et l'état de

[1] *Éléments de physiologie végétale*; Paris, 1815, tom. I, pag. 302.

[2] *Voir* Burdach ; *Physiologie*, tom. II, pag. 12, 1838.

[3] *Recherches sur le mouvement et l'anatomie des étamines du* Sparrmannia africana (Nouveaux Mémoires de l'Académie des Sciences de Belgique, tom. XIV, 1841).

veille ; 2° des mouvements *brusques* et *rapides*, quelquefois saccadés, consécutifs à une excitation plus ou moins profonde, et qui ont toujours, sauf un seul cas (*Portulaca*), pour résultat sensible d'éloigner les étamines de l'organe reproducteur femelle. Remarquons d'abord que les mouvements de veille et de sommeil existent également dans les verticilles corollaire et calicinal, et que là ils suivent en général dans leur évolution ceux de même nature qui se produisent dans l'androcée. Ces deux ordres de mouvements, outre la différenciation physiologique que nous aurons à établir, se séparent nettement par les résultats dissemblables qu'ils produisent : les premiers, en effet, écartent généralement les étamines du pistil, les seconds les en rapprochent ou les en éloignent selon l'heure de la journée et les conditions cosmiques. Le mouvement provoqué présente donc une amplitude d'action moins considérable que le mouvement spontané, puisqu'il ne tient sous sa dépendance que la première phase de ce phénomène : l'écartement du pistil. Suivons, pour nous en convaincre, l'évolution quotidienne d'une fleur de *Sparrmannia*. Fermée le soir avant le coucher du soleil, elle a pendant toute la nuit ses trois verticilles les plus extérieures rapprochées du quatrième ; le matin, au lever du soleil, l'épanouissement se produit et commence par les enveloppes les plus extérieures (calice et corolle). Si, à ce moment, on vient à irriter, par le simple frottement avec un corps étranger, les étamines encore appliquées contre le pistil, on les voit s'abattre et parcourir rapidement un espace qui eût été franchi avec lenteur sous l'influence du mouvement spontané. Quelles sont les phases de ce mouvement ? Avant de les décrire, nous devons examiner la disposition spéciale de ces organes envisagés en eux-mêmes et dans leur situation sur l'axe de la fleur qui le supporte.

Description des organes mobiles et du mouvement. — Les étamines du *Sparrmannia*, au nombre d'environ 150, se divisent en étamines vraies, c'est-à-dire pourvues d'anthères remplies de pollen, et en étamines fausses désignées sous le nom de

parastémones, qui, ainsi que le dit Morren, étaient considérées comme des nectaires par les botanistes du siècle dernier et du commencement de celui-ci [1].

Le nombre des premières et celui des secondes sont dans les proportions suivantes : Étant admis un total peu variable de 150 filets, on trouve 83 parastémones sur 67 étamines vraies. Celles-ci (*B* et *C*, Pl. IV, *fig.* 1 et 2) sont plus rapprochées de l'organe femelle ; celles-là, au contraire, sont disposées à la périphérie de l'androcée et en forment la portion extérieure et inférieure (*D*, Pl. IV, *fig.* 1. et 2). Nous ne donnons pas ici la description particulière des filets de ces étamines et de ces parastémones, préférant en reporter le détail au moment où nous aurons intérêt à étudier de près leur disposition anatomique. Tous ces organes mâles et leurs transformations sont groupés d'une façon particulière sur le *torus* et condensés en quatre faisceaux qui alternent, comme s'il ne s'agissait que d'une étamine, avec les pièces de la corolle (*a* et *e*, Pl. IV, *fig.* 3'). Chaque faisceau est inséré tout entier sur une surface déterminée qui a la forme d'un polygone régulier à six côtés : *hexagone staminal* (*a*, Pl. IV, *fig.* 3'). Cette division purement anatomique répond à une condition physiologique importante dont nous aurons à tenir grand compte dans la description du mouvement qui nous occupe. Toutes les étamines d'un même faisceau se meuvent ensemble dès que l'irritation a atteint l'une d'elles, et ce mouvement saccadé et rhythmique a une amplitude particulière dans chacune d'elles, suivant la place qu'elle occupe sur l'hexagone. Chaque étamine est implantée assez légèrement sur cette surface pour pouvoir en être arrachée sans difficulté; elle y est comme articulée.

Dans l'étude de ce mouvement complexe, nous donnerons d'abord la description de ce qui est le propre d'une irritation, c'est-à-dire de ce qui constitue le mouvement provoqué. Vient-on à

[1] Morren (*loc. cit.*) s'exprime ainsi à ce sujet : «Ce sont des anamorphoses des étamines qui sont devenues stériles par le défaut d'anthères, et qui, par balancement organique, ont acquis des *torulosités* sur toute leur étendue ».

porter une excitation quelconque, frottement d'un corps étranger, brûlure par la chaleur ou par l'action d'un composé chimique[1] (acide par exemple), le mouvement se produit si certaines conditions sont réalisées.

Morren, dans son étude, envisage le mouvement de l'androcée sous un double aspect : général et particulier. « Le mouvement général de l'androcée, dit-il, transporte, après excitation, les étamines et les parastémones vers les pétales en les éloignant du pistil, qui demeure nu au milieu de l'androcée. Dans ce mouvement, les étamines et leurs transformations divergent, les parastémones s'abaissent. » Nous nous efforcerons d'être plus précis que l'a été Morren. Les *fig.* 1 et 2, Pl. IV, montrent l'étendue de ce mouvement dans les trois organes élémentaires dont se compose l'androcée : étamines vraies *B*, parastémones portant des anthères fertiles *C*, enfin parastémones non pourvues de sacs anthériques *D*. Ces trois organes divergent et se rabattent toujours au dehors. La motilité s'exerce constamment dans un même sens, et nous donnerons l'explication de cette constance quand nous aurons montré la constitution de ces organes[2]. Ainsi, si l'on porte une irritation générale sur les organes mâles ramassés autour du gynécée, on constatera facilement que le mouvement se propage dans un même faisceau seulement, et que, parti d'un terme quelconque pris dans un même groupe d'étamines, il passe rapidement à tous les autres en produisant un écartement et une courbure toujours identiques. Pour chaque faisceau, remar-

[1] A ces excitants, au nombre desquels il faut compter le souffle de l'haleine et du vent, Morren (*loc. cit.*) joint le tremblement de la tige ou de la fleur. A cet égard, nous devons faire des réserves, car il nous est arrivé fréquemment de déterminer des secousses très-vives dans les fleurs sensibles aux autres excitants, sans donner naissance au mouvement. Lorsqu'on détache de l'arbrisseau une fleur non irritée et qu'on place le pédoncule dans un verre d'eau à 35° ou 40°, on voit le mouvement spontané se produire presque sur-le-champ.

[2] Les figures 1 et 2, Pl. IV, ont été empruntées à Morren, et montrent par erreur l'étamine *C* dans une situation qui n'est pas la vraie : celle-ci a, comme ses congénères, ses torulosités tournées vers l'extérieur de la fleur ; nous avons reproduit cette faute avec intention.

quons-le, il faut une irritabilité spéciale, et il suffit, dans un pinceau, d'irriter une seule étamine pour que tout le groupe se mette en mouvement. Jamais, par contre, cette irritabilité ne franchit les limites de ce faisceau pour passer dans le voisin. Les étamines les plus extérieures s'abattent et s'incurvent au point d'atteindre presque la surface de la corolle; les plus intérieures s'éloignent peu du pistil, et les moyennes enfin gardent une position intermédiaire. En somme, en considérant comme égale la distance qui sépare les organes mâles, lorsqu'ils sont rapportés en masse autour du pistil pendant la période du repos des enveloppes florales, on peut dire que les étamines extérieures (parastémones) s'écartent plus que les moyennes, et celles-ci plus que les internes. Ces différents filets mobiles doivent donc être organisés en vue de satisfaire à l'amplitude du mouvement qui leur est propre. Cette disposition spéciale existe en effet, et nous la trouverons dans le développement plus ou moins considérable des torulosités, qui, très-accentuées sur les organes à mouvement ample, dégénèrent en crénelures sur les filets appelés à un plus faible écartement. Le mouvement d'irritabilité produit, les étamines qui ont pris une position nouvelle peuvent la garder si les conditions cosmiques sont favorables à ce maintien. Le plus souvent elles ne retournent pas à leur position de repos après cette irritation, et dès lors on peut concevoir que cette propriété spéciale n'a ici pour résultat que de hâter l'évolution qui se serait produite normalement, sous l'influence des seules forces ordinaires. — Ce mouvement par irritation se différencie du mouvement spontané par la rapidité avec laquelle il s'opère. C'est ainsi que, lorsque la motilité se manifeste spontanément, le mouvement procède par saccades très-visibles, tandis que le rhythme s'efface sensiblement quand la motilité se développe à la suite d'une irritation [1].

[1] A propos de ce rhythme, nous devons reproduire ici les appréciations d'un des plus vigoureux et des plus profonds penseurs de notre époque, Herbert Spencer, qui dit du mouvement rhythmé végétal : « Toutes les fois que deux ou plusieurs forces qui ne se font pas équilibre sont en conflit, le mouvement prend une forme rhythmée». Or il est bien évident qu'il y a ici en action des forces qui sont inégales,

M. Baillon s'exprime ainsi qu'il suit au sujet de ce mouvement (*loc. cit.*, pag. 36) : « Celles (les étamines) du *Sparrmannia*, que j'observe en ce moment, s'écartent par petites secousses du centre de la fleur au moment où on les touche. Si alors on les laisse reposer, elles se rapprochent peu à peu du centre, et au bout de 50 secondes elles reproduisent le mouvement. Quand on les irrite dans une serre dont la température est de 23 degrés, le même fait se reproduit un certain nombre de fois de suite, toujours après un intervalle qui varie de 45 à 60 secondes. Les fleurs observées sont épanouies depuis à peu près 12 heures [1]. » Nous n'avons pas constaté qu'après irritation le mouvement fût saccadé, il nous a paru, au contraire, rapide et uniforme ; de plus, le retour de l'irritabilité dans les étamines ne se produit pas toujours aussi rapidement : il peut arriver et il arrive fréquemment, comme nous l'avons déjà dit, que l'état de contraction soit conservé pendant plusieurs heures et ne cesse qu'au moment de la fermeture générale de la fleur. Le mouvement provoqué se distingue donc de celui que nous avons étudié déjà dans les Berbéridées et dans les Synanthérées, par l'absence de retour immédiat à la position de repos. Les conditions cosmiques favorables au maintien de cet état d'écartement sont une température de 15 à 23° à l'ombre ou l'exposition directe aux rayons solaires, sans qu'il soit nécessaire que la température ambiante soit très-élevée : 18 à 19°, comme cela se produit en hiver, suffisent.

Action des agents pondérables et impondérables sur ce mouvement. — Nous avons examiné sommairement les causes qui déterminent le mouvement d'irritation ; nous devons maintenant entrer dans le détail des conditions qui peuvent l'influencer. L'attouchement direct a le plus souvent pour résultat l'incurvation : le souffle du vent produit le même effet aussi bien

savoir : la contraction de l'épiderme et la résistance des cellules et du ressort formé par le faisceau trachéen.

[1] *Du mouvement dans les organes sexuels des végétaux et dans les produits de ces organes* (Thèse d'agrégation, 1856, pag. 36 et 57).

que l'ébranlement total de la plante, qui finit, du reste, par résister à ces excitations, en présentant le phénomène bien connu de l'accoutumance, comme la Sensitive. Nous avons dit déjà que lorsqu'on place un rameau floral détaché et dont les étamines sont à l'état de repos, dans l'eau à 30 ou 35°, le mouvement se produit sans retard : si on veut renouveler le même phénomène, après le retour des étamines au repos, la température indiquée ne suffit plus, et il faut l'augmenter jusqu'aux approches de 50°. Un peu au-dessus de ce maximum, la motilité est paralysée sans retour. La brûlure déterminée au moyen de la concentration des rayons solaires par la lentille, engendre le mouvement rapide du faisceau atteint. Enfin l'électricité statique ou dynamique, quand on l'applique avec mesure, nous a conduit aux résultats déjà indiqués, lorsqu'il s'est agi de l'action de cet agent sur les autres organes doués du mouvement provoqué. Dès que le multiplicateur, sous l'influence d'un courant induit, marque plus de 55°, ou bien lorsque avec l'électricité statique la décharge a été trop forte, l'étamine est frappée de paralysie avec changement de couleur des tissus, et aucun mouvement ne s'observe plus. Quant aux irritants de nature chimique, nous nous sommes assuré que le mouvement subit l'influence de tous ceux que nous avons énumérés déjà : *chlore, acide chlorhydrique, acide cyanhydrique*, etc..... et qu'il la traduit extérieurement d'une façon identique.

Les anesthésiques nous ont donné aussi des résultats conformes à ceux que nous avons déjà observés ailleurs. M. Baillon avait vu avant nous[1] le fait de l'insensibilisation assez prompte de ces organes et du retour de la sensibilité. Il en donne en ces termes une description très-exacte : « J'ai soumis ces fleurs (*Sparrmannia*) à l'action d'un anesthésique : une branche fleurie a été placée dans une cloche où l'air était saturé de vapeurs de chloroforme ; au bout de 5, 10, 15 minutes, les fleurs placées sous la cloche ont présenté la même intensité de mouvement que celles qu'on avait mises sous

[1] *Loc. cit.*, pag. 36 et 37.

une cloche pleine d'air ; mais tandis que ces dernières avaient au bout d'une demi-heure conservé toute leur irritabilité, les fleurs traitées par le chloroforme *l'avaient entièrement perdue.* Celles-ci ont alors été retirées de la cloche, et après 3 à 4 minutes de séjour à l'air libre elles avaient recouvré entièrement la propriété motrice. En plaçant au contraire sous la cloche où se trouve le chloroforme les fleurs qui étaient dans l'air pur pendant l'expérience précédente, je constatai qu'elles perdaient beaucoup plus rapidement leur sensibilité que les premières : en 10 minutes, toute motilité avait disparu.»

Plus loin, le même auteur ajoute : «J'entrepris de soumettre à l'action des anesthésiques les étamines mobiles d'une plante bien connue pour posséder cette propriété, le *Sparrmannia africana.* Quoiqu'on fût en hiver et que le temps pressât, il fut possible de faire épanouir en quelques jours les boutons de cette plante, qu'on fit passer successivement de l'orangerie dans la serre tempérée, puis dans la serre chaude. Il peut être intéressant déjà de remarquer que, malgré cette floraison forcée et si rapidement obtenue, les étamines jouissaient d'une sensibilité exquise. »

Nous avons répété ces expériences avec les anesthésiques déjà énumérés, et ces agents chimiques ont conservé vis-à-vis de ces étamines l'ordre d'activité que nous avons fait connaître pour les stigmates les plus sensibles (*Martynia*, *Mimulus*). En ce qui concerne le chloroforme en particulier, nous n'avons pas dû employer tout le temps qu'indique M. Baillon pour arriver à l'insensibilité : en 20 minutes, pour tous les organes similaires que nous étudions ici, l'anesthésie était assurée. Jamais enfin nous n'avons saturé notre milieu avec les vapeurs de l'anesthésique, quel qu'il fût : arriver à ce terme, c'est assurer la mort de l'organe mis en expérience.

En général aussi, un temps plus long (8 à 12 minutes au moins) d'exposition à l'air nous a été nécessaire pour que l'irritabilité revînt dans l'organe atteint, et nous avons constaté que l'anesthésie était d'autant plus longue à se dissiper que l'expérience était plus fréquemment renouvelée. C'est probablement en tenant compte de ce dernier fait, que s'explique la divergence qui existe

entre nos observations et celles du savant Professeur de Paris.

C'est au moyen des anesthésiques, avons-nous dit, que nous avons pu reconnaître, parmi les verticilles floraux doués de mouvement, ceux qui sont vraiment doués d'irritabilité fonctionnelle ; voici à la suite de quelle expérience. — Le 24 juin 1873 (Temp. 28°C.), nous anesthésiâmes un rameau floral de *Sparrmannia* attenant encore à l'arbuste, et cela en recouvrant la branche d'une petite cloche reposant sur un bourrelet de liége et remplie de vapeurs données par 5 gouttes de chloroforme. C'était au déclin du soleil: les étamines étaient encore irritables sur tout l'arbuste fleuri; mais déjà cependant nous constations, sur quelques fleurs en plein air, un mouvement de fermeture dans les enveloppes florales. L'anesthésie étant complétée par l'adjonction de 3 gouttes de chloroforme aux 5 premières : nous maintînmes notre rameau sous la cloche, et nous constatâmes que les étamines étant insensibilisées dans l'extension; le mouvement d'ascension du *calice* et de la *corolle* s'accentuait de plus en plus, si bien que l'ensemble des étamines se trouva bientôt enserré dans les enveloppes extérieures, comme si le phénomène s'était produit en plein air. Peu à peu ces organes reproducteurs furent complétement appliqués par force contre le pistil. Cette expérience, fort significative à notre sens [1], prouve dans toute son évidence l'indépendance et la non-identité des deux sortes de mouvements répandus dans les diverses parties qui composent la fleur ; elle nous a paru dès lors avoir une importance digne de la faire consigner ici[2]. Nous verrons bientôt comment nous avons utilisé l'action

[1] Pfeffer (*Physiologische Untersuchungen*, pag. 211) se demande si les mouvements des étamines (matin et soir) du *Sparrmannia*, tels que les décrit Morren, ne constituent pas un phénomène de *nutation*. Il suffit de constater, comme nous l'avons fait, qu'après le premier épanouissement les filets cessent de s'accroître absolument sur toutes leurs faces, pour qu'une pareille supposition doive être écartée.

[2] Pfeffer (*Physiologische Untersuchungen*, pag. 154) exprime du doute sur la possibilité d'atteindre le mouvement provoqué au moyen des anesthésiques, sans toucher au mouvement spontané dans les organes de la nature de ceux que nous étudions ici. Prenant à partie les travaux de M. Bert sur la Sensitive, il ne trouve pas que les recherches de cet auteur présentent assez de garantie pour qu'on

des anesthésiques pour l'étude des conditions anatomiques de ce mouvement.

Anatomie des organes mobiles et physiologie du mouvement. — Morren est le premier et le seul botaniste qui ait étudié la constitution anatomique de ces organes; mais, ainsi que nous l'avons fait connaître[1], ce auteur, inspiré par des idées évidemment préconçues, a annoncé des faits qui ne nous ont point paru d'une exactitude irréprochable, ce qu'on peut attribuer en partie à l'imperfection des moyens d'observation qu'il avait alors (1841) à sa disposition. Il a de plus, dans ses descriptions, employé une nomenclature inusitée qui ne nous paraît ni utile ni heureuse, et que nous renonçons à adopter. Nous avons à examiner séparément les parastémones et les étamines, dont la structure offre quelques différences.

Les étamines fertiles ont leurs filets tantôt entièrement lisses, tantôt couverts sur toute leur étendue de crénelures de dimensions différentes, rangées dans un sens unique et ayant toutes leur sommet dirigé vers l'extérieur de la fleur. Les parastémones réduites à peu près au filet sont pourvues de gibbosités toruleuses que Morren considère comme offrant une structure spéciale, laquelle, différente de celle du filet ordinaire, serait adaptée en vue du mouvement. Voici ce que nous avons observé. — L'épiderme, dans tous ces organes, présente à considérer une manière d'être spéciale que nous avons reproduite dans la Pl. IV, *fig*, 5 et 6. Dans toute son étendue, ce revêtement, privé de stomates et pourvu d'une cuticule très-peu développée, est strié longitudinalement dans les parties qui

puisse affirmer que les plantes éthérisées conservent leurs mouvements périodiques : nous aimons à penser que le savant allemand sera satisfait des résultats que nous venons de relater, et qui confirment de tout point ceux de M. P. Bert. Nous avons dit déjà (Chapitre Ier, pag. 15) que les mouvements de la Rue, précisément en raison de leur périodicité, comme ceux des *Saxifrages* et des *Phytolacca*, que nous avons étudiés spécialement, ne sont pas influencés par les anesthésiques.

[1] Dans une communication faite à l'Académie des sciences et insérée dans les *Comptes-Rendus* du 6 juillet 1874.

sont rectilignes et présente les mêmes stries obliques dans les parties toruleuses de l'organe; les anthères seules sont dépourvues de l'épiderme ainsi constitué. Ces stries fines et rapprochées constituent comme tout autant de crêtes séparées les unes des autres par des dépressions légères. Cette structure est indiquée sur la coupe d'une torulosité (Pl. IV, *fig.* 5) par des lignes rayonnantes bien visibles. Au-dessous de cet épiderme se trouve un tissu parenchymateux composé de cellules prismatiques, dans toute l'étendue des filets, lisses et ovoïdes (*ovenchyme* de Morren) dans les torulosités. Le botaniste belge affirme que ce tissu est traversé dans toute la longueur de l'organe par des canaux aérifères, auxquels il assigne un rôle important dans la fonction du mouvement et dont il donne la figure. C'est en vain que nous avons recherché la trace de ces canaux, qui ne nous auraient certes pas échappé si le dessin était la fidèle expression de la réalité : ce tissu est en continuité avec lui-même dans toute l'étendue du filet, et n'est mêlé qu'à un faisceau assez fin de trachées placé au centre même de l'organe filamenteux (Pl. IV, *fig.* 7).

« Ces conduits, dit Morren, cessent près des anthères, ils commencent au bas de l'organe et se boursouflent à chaque torulosité, à chaque dentelure, de sorte que celles-ci en deviennent comme autant de vésicules aérifères. » Nous n'avons pas retrouvé non plus les canaux dilatés, ni dans les dentelures, ni dans les torulosités : ce qui nous a frappé dans ces organes, c'est un amas de cellules très-développées (Pl. IV, *fig.* 5) et pourvues de granulations peu nombreuses, constituant un noyau fort apparent. Dans les dentelures, les cellules sont aussi dilatées, mais d'une manière moins sensible. Jamais nous n'avons constaté la présence de l'air dans les bosselures moniliformes, c'est-à-dire dans ces gibbosités qui, embrassant toute l'étamine, présentent cependant un développement plus considérable du côté qui regarde l'extérieur de la fleur (Pl. IV, *fig.* 1 et 2 *D.*) Pour le constater, nous n'avons pas même négligé d'ouvrir sous l'eau, à plusieurs reprises, ces organes, sans que rien soit venu trahir la présence de ce gaz : l'observation microscopique ne nous a rien révélé non plus.

Quelles sont les dispositions principales qu'affectent les éléments anatomiques représentés dans la constitution de ces organes mobiles? Quel est, entre ces divers tissus, celui qui joue le rôle principal dans le mouvement? Pour Morren, le doute n'est pas possible : « c'est le tissu cellulaire parenchymateux extérieur qui est moteur; le mouvement se produit par turgescence, par conséquent raccourcissement des cellules situées le long du côté qui devient concave dans l'incurvation». De plus, nous l'avons dit déjà, pour cet auteur l'incurvation est favorisée par la présence de deux canaux aérifères, situés de chaque côté de l'étamine. «Meyen a montré, dit Morren, quelle haute utilité avaient les canaux aérifères dans la motilité des plantes, en permettant aux tissus de s'incurver plus facilement et en leur présentant de la place pour le faire, en ne gênant pas leurs mouvements. Dans les étamines du *Sparrmannia*, cet effet se produira aussi, car le tissu mobile repose sur un coussin d'air qui doit ajouter de l'élasticité à ses mouvements.»

Comme on le voit, cette théorie repose sur un fondement inexact qui suffit pour la faire répudier. Nous avons mis en pratique, pour les recherches des conditions anatomiques du mouvement, le même procédé qui nous a servi dans les cas déjà cités, c'est-à-dire que, ayant anesthésié une fleur à étamines manifestement irritables (*Sparrmannia*, *Cistus*, etc.), nous avons profité de ce sommeil pour observer la manière d'être de ces organes; puis au réveil, après 10 ou 11 minutes d'exposition à l'air, sous le microscope, nous avons porté l'excitation sur un faisceau de ces organes, en suivant le phénomène dans ses manifestations intimes. Or, nous avons parfaitement vu, avec un grossissement de 100 diamètres seulement, que, dans ces conditions, le mouvement est déterminé par un plissement longitudinal de l'épiderme, plissement qui devient oblique quand il s'exerce sur les torulosités ou sur les dentelures qui portent les plis épidermiques sous forme d'arborisations obliques. Les lignes saillantes de ces plis tendent à se rapprocher, et naturellement tout l'organe en éprouve une tension qui se traduit par un mouvement.

Si on admet, ce qui est vrai, qu'après l'irritation ce plissement est rapide, tandis qu'il est lent au contraire lorsque le mouvement est spontané, on comprendra la différence qui existe dans la manière d'être de l'un et de l'autre phénomène. Si d'autre part on se souvient que les *torulosités* et les *dentelures* sont disposées le plus souvent dans un sens unique, regardant vers l'extérieur, et que quand elles enveloppent le pourtour de l'organe leur plus grand développement en volume et en surface est accentué du côté des enveloppes florales, on concevra aisément que ces torulosités et ces dentelures forment la surface le plus considérable de l'organe. Dès lors, la contraction de l'épiderme se produira sur des plans inégaux et opposés, et il en résultera naturellement que le mouvement sera manifeste du côté qui présente à ce revêtement le plus d'étendue. Sitôt après la contraction, si les conditions cosmiques ne sont pas favorables au maintien de l'état contractif, l'épiderme se détend et l'étamine revient à sa position de repos assez rapidement, comme nous l'avons vu. Elle est sollicitée à ce retour, d'un côté par l'élasticité des cellules qui reprennent leur dimension après la compression, et sans doute par l'action du faisceau de trachées qui occupe le centre de l'organe et fait office de ressort. Cette action paraît confirmée par l'expérience suivante : nous avons, immédiatement après une irritation, piqué la base de plusieurs étamines de part en part avec une fine aiguille à cataracte et détruit longitudinalement la partie centrale sur une petite étendue, en remontant verticalement le tranchant de l'instrument. Il n'en a pas fallu davantage, quoique l'épiderme restât à peu près absolument intact, pour que le mouvement de retour fût, dans le plus grand nombre des cas, considérablement ralenti. Tels sont les faits que nous avons constatés. Morren[1] a avancé que les torulosités et les dentelures étaient absolument indispensables au

[1] Cet auteur aurait pu voir déjà que ces organes ne sont pas indispensables, dans ce fait que le même mouvement existe, avec les mêmes apparences, dans les filets parfaitement nus d'autres Tiliacées et dans les étamines lisses de *Cactus*, *Portulaca*, *Cistus*, etc...

mouvement, et il leur a accordé le rôle prépondérant dans ce phénomène. S'il avait pensé à se débarrasser de ces organes en coupant toute la partie de l'étamine qui les porte, il eût vu comme nous que la motilité n'en persiste pas moins dans le tronçon inférieur et lisse de l'organe mâle mutilé, soit que l'irritabilité ait été produite directement, soit qu'elle ait été transmise indirectement par l'excitation d'un organe voisin appartenant au même faisceau. Ce tronçon lisse est à peu près, mais non point parfaitement cylindrique. Sa coupe donne naissance non pas à une circonférence, mais à une ellipse irrégulière dont le grand axe regarde l'extérieur, ainsi que la plus grande surface qui lui correspond: c'est dans la direction de cette surface que le mouvement se produit. Pour confirmer le rôle que joue l'épiderme dans ce phénomène, nous l'avons enlevé dans les organes du *Sparrmannia* ainsi que sur les étamines lisses du *Cistus ladaniferus*, qui présentent une structure parfaitement analogue, et à partir de ce moment le mouvement a été suspendu de part et d'autre. Il est bien probable que si, comme l'a avancé Morren, le tissu parenchymateux avait été doué de cette propriété, il l'eût conservée après l'ablation de son revêtement épithélial, comme nous avons vu le fait se produire dans les *Berberis*. L'épiderme, contrairement encore à ce que voulait Morren[1], est donc dans quelques cas l'organe visible et peut-être unique du mouvement.

C'est à la même cause qu'il faut rapporter les mouvements bien connus dans les organes filamenteux lisses des *Cactus*, des *Helianthemum*, des *Cistus* et des *Portulaca*. Ces phénomènes se placent à côté de ceux des *Sparrmannia*, comme présentant la simultanéité, sinon d'action, du moins d'existence d'un état provoqué et d'un état spontané[2]. Nous avons particulièrement observé ceux

[1] Morren (*loc. cit.*, pag. 104) s'exprime ainsi : « Par ces recherches a été annulée la théorie de reconnaître le derme ou la peau comme l'organe motile. Ces deux opinions, fausses dans leur base et contraires aux faits, avaient pourtant envahi la physiologie et dominaient toute la théorie du mouvement chez les plantes.»

[2] Hofmeister (*Pflanzenzelle*, pag. 310) rapporte ces phénomènes au mouvement typique des Synanthérées, mais ce rapprochement ne peut être maintenu quand

qui se produisent dans les derniers de ces genres, et les faits que nous avons à signaler viennent donner appui à ceux que nous avons observés chez les *Sparrmannia*.

Dans toutes ces plantes, on le reconnaît bien vite, l'irritation n'a pas des résultats aussi prompts, aussi accentués que chez les *Sparrmannia*, qui présentent, comme nous l'avons dit, le plus haut degré de ces manifestations vitales ; mais ce fait ne cause aucune surprise quand on constate, comme nous, que dans une même famille le phénomène peut se montrer avec des intensités bien différentes. Pour ne citer qu'un exemple, nous voyons le *Tilleul* présenter le mouvement spontané qui éloigne les étamines du gynécée, et cependant rester insensible à toute excitation. C'est là probablement le dernier terme dans lequel l'irritabilité disparaît, après s'être insensiblement dégradée dans d'autres individus de la même famille [1]. Quoi qu'il en soit de ces vues, il est certain que le mouvement provoqué, faible dans les *Cistus* et les *Helianthemum*, y conserve cependant un sens bien indiqué, qui permet aux organes mâles de s'éloigner manifestement, comme dans les *Sparrmannia*, des organes femelles, et ce phénomène s'y produit avec une amplitude d'action aussi grande que dans cette Tiliacée. Dans les *Portulaca* et les *Cactus*, ce mouvement à peine apparent, même après une forte irritation, devient tellement confus qu'il serait impossible de dire si le résultat est toujours le même. Tantôt, en effet, il se traduit par un écartement manifeste des étamines les unes des autres, et, partant, par un éloignement de l'organe central ; tantôt au contraire, à la suite d'une irritation, il se produit un rapprochement non moins apparent

on considère que, dans les filets des Cynarées, rien ne permet d'affirmer l'existence d'un mouvement spontané. Cette considération et d'autres encore nous ont porté à traiter ces faits dans un paragraphe spécial

[1] Nous avons constaté l'irritabilité, mais sans l'étudier, non pas dans les anthères, comme on le trouve dans le *Traité général de botanique* de Lemaout et Decaisne, pag. 340 (les anthères ne sont pas ici irritables), mais dans les filets de *Grewia*, *Brownlowia* et dans les *Doubouzetia* de la Nouvelle-Calédonie : cette propriété y est, du reste, très-peu accentuée.

de ces organes [1]. Le mouvement spontané au contraire, qui se produit dans ces mêmes organes sous l'influence des conditions extérieures déjà indiquées pour le *Sparrmannia*, a pour résultat constant d'éloigner les étamines. Tous ces faits doivent trouver leur explication dans cette considération que les conditions de ce mouvement sont identiques dans le *Sparrmannia* et dans tous les organes mâles mobiles ; que le phénomène influencé par les mêmes agents physiques et chimiques obéit au même déterminisme. Ces conclusions découlent d'observations multiples.

Assez anciennement connu dans l'*Helianthemum* et le *Cactus*, le mouvement mixte y a été l'objet, sinon d'études, au moins d'observations assez suivies. Déjà S. Vaillant l'avait signalé en 1717 [2] dans le *Cactus opuntia*, le *Cistus helianthemum* ; en 1766, Kölreuter le signale dans les *Cistus apenninus* et *ledifolius*. Nous avons déjà dit que Chicoyneau le fils, Directeur du Jardin des Plantes de Montpellier et élève de Vaillant, avait, en 1732, fait à la Société royale des Sciences de cette ville une communication dans laquelle il cherche, d'après les idées de son Maître sans doute, à expliquer ce phénomène dans l'*Opuntia* et dans l'*Helianthemum*. Cet auteur, qui sut bien différencier les deux mouvements, absolument différents dans leurs résultats, dont sont animées les étamines de ces deux plantes (les premières s'approchent après irritation du pistil, tandis que les secondes s'en éloignent), se laissa aller à l'entraînement d'une hypothèse séduisante pour expliquer ce phénomène, dont il avait, il faut le reconnaître, bien observé les détails. C'est par la disposition des tissus à l'exté-

[1] Nous avons dit que dans le *Sparrmannia africana*, une étamine étant irritée, le mouvement se transmet dans toutes les voisines qui appartiennent au même faisceau : ici chaque étamine est irritable, mais pour elle seule, et ce phénomène de la transmissibilité n'est apparent, dans les Tiliacées douées de mouvements provoqués, que lorsque le groupement en faisceaux oppositisépales est établi. Il eût été utile de trouver les causes de cette propriété singulière et les moyens par lesquels elle se manifeste; nos recherches à cet égard ont été infructueuses, nous comptons les reprendre ; mais tout nous semble indiquer, d'après ce que nous avons observé déjà, que les trachées jouent un rôle important sinon unique dans ce phénomène.

[2] *Tables chronologiques* de Medikus.

rieur ou à l'intérieur des étamines, par leur arrangement différent, par le mouvement du suc nourricier dans leurs cavités, et enfin par un certain jeu alternatif entre la liqueur et les tuyaux, qu'il croit être conduit au nœud de la question [1]. Toutes ces

[1] Nous extrayons du propre manuscrit de l'auteur, conservé dans les archives départementales de l'Hérault, le passage qui y a trait et dont nous devons la connaissance à notre excellent Maître, M. Planchon : « J'établis d'abord ces trois propositions : 1° Que les fibres des plantes ont du ressort ; 2° Que les sucs nourriciers coulent dans la cavité de quelques-unes de ces fibres comme dans autant de tuyaux ; 3° Que les sucs étendent les parois de ces tuyaux et tiraillent les fibres dont ils sont composés. J'ai cru pouvoir me dispenser de démontrer ces propositions pour ne pas répéter ce qu'ont dit là-dessus les physiciens modernes. Il paraît, par la troisième proposition, que les fibres des plantes sont tiraillées par le fluide qui parcourt et remplit les tuyaux de manière que, si la force du fluide se trouve supérieure, les fibres qui composent les parois des tuyaux demeureront écartées et étendues; mais si la force des fibres vient à prendre le dessus, comme elles sont élastiques, elles se resserreront, s'approcheront les unes des autres et chasseront ainsi hors de leurs cavités une partie considérable du fluide qui y était renfermé. S'il arrive donc, dans quelque partie de la plante que ce soit, que le ressort des fibres soit presque égal à la force des fluides qui dilatent leurs parois, pour que le ressort de ces fibres soit mis en jeu, elles vaincront la résistance des fluides qu'elles renferment, elles se rétabliront, se raccourciront et changeront ainsi la figure de la partie de la plante où elles se trouvent. Ne peut-on pas supposer que dans certaines parties de la Sensitive, comme les feuilles ou les branches ; dans quelques parties de l'*Opuntia* et de l'*Helianthemum*, savoir : aux racines des étamines, il y a des paquets de tuyaux ?.... Qu'il nous soit permis d'établir aux racines des étamines de l'*Opuntia* et de l'*Helianthemum* quelques paquets de petits tuyaux dont les fibres soient fort élastiques ; qu'on nous permette de supposer que la force du fluide contenu qui écarte les parois des tuyaux est de peu supérieure à celle du ressort de ces mêmes fibres, et on conviendra aisément que, pour peu que les plantes soient ébranlées, le mouvement se communiquera aux fibres élastiques dont je viens de parler, que leur ressort sera mis en jeu, qu'elles se débanderont, surmonteront la force du fluide qui les écartait, et enfin le chasseront avec violence hors de leurs cavités, ce qui produira le mouvement automatique qui oblige les étamines à s'approcher ou à s'écarter du pistil. Ainsi, il est aisé de concevoir que si ces fibres élastiques se trouvent à la partie extérieure de la racine des étamines de l'*Helianthemum*, le moindre mouvement qui leur sera communiqué les obligera de s'abattre et de s'écarter du pistil ; mais si elles se trouvent placées au contraire dans la partie intérieure des étamines, elles seront forcées de s'approcher de l'ovaire, ce qui arrive aux étamines de l'*Opuntia*, pour peu qu'elles soient ébranlées.» Nous avons tenu à rapporter ici cette ingénieuse explication pour montrer que, au point de vue théorique, les tuyaux, c'est-à-dire les trachées, avaient dès

vues de l'esprit ne pouvaient être que l'ingénieux fantôme de la vérité. Si l'on veut s'expliquer l'inconstance du mouvement dans ces étamines, il faut se rapporter au résultat que doit donner la contraction de l'épiderme sur des organes différents de forme; il est bien évident que dans les filets à peu près parfaitement cylindriques, comme le sont ceux des *Portulaca* par exemple, à la suite de la contraction il n'y aura aucune raison pour que le déplacement s'opère plutôt dans un sens que dans l'autre, et dès lors il pourra se produire indistinctement en dedans ou en dehors, suivant la position qu'occupera l'organe au moment où l'irritation vient à se produire. Dans l'*Opuntia* au contraire, la section du filet est une ellipse irrégulière dont le grand axe et la plus grande surface regardent en dedans, et le mouvement se dirige vers l'organe femelle. Enfin, dans les *Cistus* et les *Helianthemum*, c'est le contraire qui se produit, et le mouvement s'exerce vers l'extérieur. Nous n'avons pas l'intention de traiter du mouvement spontané, qui existe aussi dans ces derniers organes, où il y est du reste beaucoup moins sensible que dans les *Sparrmannia*, et nous dirons seulement qu'il a probablement pour résultat les mêmes manifestations que le mouvement provoqué, c'est-à-dire qu'il agit dans une direction bien ou mal déterminée suivant la forme des filets.

But de ce mouvement. — Devons-nous maintenant nous demander, avec Morren, quelle est la finalité de l'acte complexe que nous venons d'analyser, et oserons-nous assurer avec cet auteur que, pour ce qui concerne le *Sparrmannia*, le résultat de ce mouvement est de favoriser la fécondation ? Dirons-nous qu'en éloi-

longtemps fixé l'attention des physiologistes par le rôle qu'ils pouvaient jouer dans ce phénomène du mouvement. Dans le cas actuel, nous avons peu étudié l'intervention de ces éléments anatomiques, et cependant il eût été important de connaître, nous le répétons, s'ils ne jouent pas un rôle dans la transmission de l'irritabilité d'une étamine à l'autre dans le même faisceau. Nous aborderons ce côté intéressant du phénomène, en suivant la méthode déjà employée pour l'étude des lames stigmatiques irritables.

gnant les étamines les unes des autres et permettant ainsi une plus grande liberté au pollen, qui dans l'état normal est trop tassé par le fait même de la réunion des étamines, ce but est atteint? Il nous semble qu'après ce que nous avons fait connaître sur le mouvement similaire dans les Cistées, les Cactées et les Portulacées, la déduction serait au moins hasardée, et nous nous permettrons d'être muet sur un point où toute réponse est vraiment embarrassante, quand on se trouve en face de deux manifestations de sens contraire qui devraient avoir cependant un but unique. Nous nous contenterons donc de dire que si les mouvements des organes reproducteurs paraissent en général être adaptés en vue de mieux assurer la fécondation, comme nous l'avons vu dans les cas précédemment étudiés, ici cette même finalité ne ressort pas avec la même évidence de l'examen auquel nous nous sommes livré. On ne voit pas bien en effet, malgré les raisons données par Morren, et que nous croyons inutile de reproduire ici, en quoi l'éloignement du pistil (c'est le résultat le plus fréquent de ce mouvement) peut rendre service à l'un des actes les plus importants de la *vie végétale*, qui s'accomplit d'ailleurs sans difficulté, dans les organes dépourvus de tout mouvement.

CHAPITRE III.

Du mouvement périodique spontané dans quelques organes reproducteurs mâles (RUTACÉES, SAXIFRAGÉES, etc.).

Notre intention n'est pas de traiter dans ce chapitre la question trop controversée et trop complexe des causes du mouvement périodique spontané; mais, dans le but de mieux faire ressortir les propositions générales que nous avons émises dans le Chapitre Ier, nous croyons devoir développer les résultats de quelques recherches entreprises simultanément sur les deux sortes de mouvement, en vue de les différencier le plus nettement

possible ; peut-être en jaillira-t-il quelques données utilisables par la suite pour la solution de la question du mécanisme de ces mouvements. Nous avons été conduit à ces recherches parallèles en envisageant le seul point de vue physiologique ; quant au côté anatomique de la question, nous l'avons abandonné après nous être convaincu, par l'examen d'un grand nombre de coupes faites sur les divers organes reproducteurs doués de mouvement spontané, que la différenciation ne pouvait en aucune façon être établie par cette voie. Jusqu'ici, personne n'a signalé de différence bien appréciable entre la constitution des étamines mobiles d'une espèce ou d'un genre doué de motilité et celle d'une espèce ou d'un genre voisin non pourvu de cette propriété. Nous n'envisagerons pas non plus la question au point de vue général, notre Chapitre Ier ayant répondu à cette nécessité de tout travail d'ensemble.

Sans remonter aux premières notions acquises sur ce phénomène bien connu, nous nous bornerons à dire que, observé depuis longtemps par les botanistes les plus éminents, dans les organes les plus variés, il peut être considéré dans l'ensemble du mouvement spontané comme le phénomène le plus répandu parmi les végétaux. Pour se convaincre de cette vérité, il suffit de parcourir à la fois les Tables chronologiques de Medikus et le Mémoire de Desfontaines : on reste surpris du grand nombre de végétaux qui, dès 1700 environ (date la plus reculée à laquelle on se soit occupé du mouvement végétal en général), étaient connus à cette époque comme doués de cette singulière propriété. Aujourd'hui, ce nombre est devenu plus considérable encore, et on peut dire que le mouvement périodique spontané paraît propre[1] à la plus grande partie des plantes, au moins dans les or-

[1] Si l'on en excepte, en effet, toutes les Dicotylédones gamopétales irrégulières, on voit que les étamines de presque toutes les familles de plantes sont douées d'un mouvement plus ou moins étendu au moment de la fécondation ; peu visible dans les *Corolliflores* et les *Caliciflores* en général, il devient très-sensible dans les *Thalamiflores*, où le mouvement des organes reproducteurs éloigne quelquefois les mâles des femelles.

ganes reproducteurs. Depuis les mouvements presque imperceptibles des étamines de *Nicotiana* parmi les organes mâles, jusqu'aux amples oscillations des filets des *Ruta* et des *Kalmia*, on rencontre tous les degrés possibles dans l'étendue de ces déplacements, évidemment liés aux nécessités de l'acte de la reproduction, et on constate la même variation d'amplitude dans le mouvement des pistils. Mais ces organes transformés ne sont pas seuls le siége de ce phénomène, on le retrouve avec une grande fréquence dans les organes foliaires proprement dits.

Jusqu'à ce jour, il faut bien le reconnaître, à part les travaux tout à fait récents de MM. Planchon[1], Millardet, Bert, Carlet et de quelques botanistes allemands, au premier rang desquels se place Hofmeister, qui a embrassé ces phénomènes dans son étude de la tension dans les végétaux et a prétendu avec toute son École lui imposer une cause unique, un déterminisme exclusif, nous n'avons pas de travaux spéciaux et détaillés sur cette physiologie du mouvement périodique spontané, soit dans les feuilles, soit dans les organes reproducteurs[2]. Il y a là une lacune profonde à combler, et le peu que nous avons fait nous-même sur ce point, en regrettant de ne pouvoir entreprendre davantage, nous montre

[1] M. J.-E. Planchon a communiqué à la Société botanique de France (13 juillet 1858) le résultat de ses recherches patientes sur le sommeil des plantes, en y comprenant les oscillations périodiques spontanées des feuilles de *Trifolium*, *Desmodium*, *Medicago*, *Robinia*, etc. ; il a montré que ces mouvements sont dépendants des conditions cosmiques. Ils se rangent probablement dans la même catégorie que les mouvements de certaines étamines. Nous aurions accordé une place dans ce travail aux notes manuscrites que notre savant Maître nous a communiquées sur ses recherches approfondies, si nous n'avions pas cru devoir, dans l'intérêt de l'unité de notre étude, nous borner aux organes reproducteurs. Nous pensons du reste étendre bientôt le cercle de ces recherches, et par conséquent mettre à profit les résultats pleins d'intérêt de ses observations méthodiques qui nous serviront de modèle pour nos expériences à venir, sur les feuilles douées de mouvement périodique spontané.

[2] Nous faisons abstraction des phénomènes connus sous le nom d'*ouverture* et de *fermeture* des fleurs, qui se distinguent nettement de ceux que nous étudions ici et dont l'étude a été faite d'une manière approfondie dans une série de travaux qui commence à Linné (1735) et finit à Pfeffer (1873).

clairement que le chaos qui existe actuellement peut être débrouillé.

Tous les phénomènes que l'on a réunis sous la dénomination générale de *mouvement périodique spontané* ne sont certainement pas de même nature et ne doivent pas reconnaître des causes identiques ; il y aura forcément des distinctions à établir, des rapprochements à opérer; en un mot, à faire sur ce point un travail semblable à celui auquel s'est livré M. Bert pour la distinction du mouvement spontané et provoqué, que beaucoup d'auteurs confondaient dans une même description. Ce ne sera certainement qu'après de longs travaux dirigés avec cette méthode précise d'analyse qui caractérise les recherches sur la Sensitive, qu'on pourra arriver à quelques résultats appréciables. Nous n'en voulons pour preuve que l'utilité des observations pleines d'intérêt de M. Carlet sur la fleur de la *Rue*, observations qui ont servi de point de départ à quelques-unes de nos recherches. Les généralisations et les distinctions dont nous venons de parler ne pourront être établies qu'après ces études de détail, qui manquent absolument, et dont le besoin se fait vivement sentir quand on veut embrasser dans leur ensemble les connaissances acquises sur ce point de physiologie botanique. Le dernier auteur que nous venons de nommer, par ses recherches sur le mouvement des étamines de *Ruta* [1], a non-seulement jeté un jour inattendu sur l'établissement de la concordance, vainement tentée jusqu'à lui, entre la disposition des cycles floraux et des cycles foliaires, mais encore il a montré que ces organes suivent dans leur mouvement la disposition en spirale sur le réceptacle. De là à conclure que ces mouvements sont le résultat d'un afflux de sève produit dans ces organes au moment propice, il n'y a qu'un pas que le simple raisonnement fait facilement franchir. C'est là à peu près tout ce que l'on sait.

[1] *Du mouvement des étamines dans la fleur de* Rue (*Comptes-rendus de l'Académie des Sciences* du 25 août 1873). *Du mouvement dans la fleur* (*Revue Scientifique* du 15 novembre 1873).

Aussi, en tenant compte de la situation de la question (elle est telle que nous venons de l'indiquer), on n'est pas surpris de rencontrer dans le Traité de botanique le plus moderne et le plus classique, où l'étude de ces phénomènes tient une bien petite place, les appréciations suivantes sur la cause des mouvements périodiques spontanés. « Sur le mécanisme de ce mouvement, il y a, dans l'état actuel de la science, moins de choses à dire que sur le mouvement de veille et de sommeil. Qu'il s'agisse ici d'un allongement et d'un raccourcissement alternatifs du parenchyme de la face supérieure et de la face inférieure de l'organe, cela est évident ; que ce changement de longueur soit amené ici aussi par une expulsion ou une introduction d'eau, cela est plus que vraisemblable. Mais pourquoi, la température, la lumière et le contenu d'eau de la plante étant constants, la turgescence augmente ou diminue-t-elle tantôt dans l'une, tantôt dans l'autre face de l'organe moteur ? C'est ce que l'on ignore[1]. »

Qu'il s'agisse ici d'un phénomène de turgescence, la chose n'est point discutable ; il est bien évident que, — le mouvement staminal (c'est de lui seul qu'il s'agit ici) se produisant régulièrement et de manière à animer les organes mobiles d'après l'ordre qui préside à leur disposition sur le réceptacle et selon leur hauteur d'insertion sur ce même réceptacle, le premier cycle, le plus inférieur, étant envahi le premier, — il est bien évident que ce ne peut être que sous l'influence d'un liquide qui y pénètre en venant de bas en haut. Nous avons constaté que le fait capital observé par M. Carlet sur la *Rue* se retrouve, avec quelques nuances assez accentuées, dans le *Saxifraga sarmentosa*, dont les mouvements, aussi visibles que dans la *Rue*, peuvent être étudiés avec la même facilité.

De plus, il est d'autres faits plus significatifs encore, qu'il nous a été donné d'observer bien souvent. On peut facilement, dans une atmosphère impropre à la respiration (milieu saturé par un anesthésique, par exemple), déterminer la mort d'un rameau

[1] Julius Sachs ; *Traité de botanique*, traduction Van Tieghem, pag. 1051.

floral de *Rue* avant que les étamines se soient redressées, et celles-ci, étant alors atteintes dans leur irritabilité nutritive, se soulèvent encore, mais dans le plus grand désordre [1]. On peut plus facilement produire la mort du même rameau à fleurs récemment épanouies, en l'exposant, après l'avoir détaché de la tige, aux ardeurs d'un soleil de juin en plein midi; dans l'un et dans l'autre cas, la mort de l'organe devient apparente par le changement de couleur des diverses parties qui constituent la fleur. Les étamines, en particulier, cessent d'être vertes et prennent une teinte foncée qui s'accompagne d'une déformation très-apparente des filets. Dans ces conditions, les fleurs restant exposées à l'air, les organes mâles se relèvent encore et viennent se grouper sans ordre autour du pistil. Le même fait s'observe dans les étamines de *Tropeolum* et de *Saxifrage* à ovaire supère, et cela se produit non-seulement dans les conditions expérimentales que nous venons d'indiquer, mais encore normalement au moment où le flétrissement des diverses parties de la fleur ramène lentement les étamines dans une situation identique à celle qu'elles prennent après avoir été desséchées rapidement, à l'ardeur du soleil. Il n'y a donc pas de doute, ce mouvement est lié à un phénomène de turgescence [2];

[1] C'est ici le lieu de répéter que les mouvements périodiques spontanés ne nous ont pas paru être influencés par les anesthésiques, quels qu'ils fussent. A une dose élevée, l'irritabilité nutritive est atteinte, la respiration de la plante est entravée, un vrai empoisonnement se produit sans doute, et le mouvement s'arrête. Dans ces conditions, le végétal a souffert, et le plus souvent les étamines ont cessé à jamais de se mouvoir, alors même que le rameau tout entier n'a pas péri. L'altération qu'elles ont subie se trahit souvent par une coloration noirâtre.

[2] Une observation récente nous confirme cette appréciation ; nous devons la relater ici, en raison de son importance. Une fleur de *Ruta graveolens* à peine épanouie ayant été flétrie artificiellement par dessiccation, nous découpâmes une à une les étamines, en emportant avec elles le fragment d'ovaire sur lequel elles s'insèrent, et nous les mîmes ainsi à flotter en une seule ligne sur l'eau, dans leur ordre naturel, c'est-à-dire en faisant alterner une étamine de la première rangée (*oppositisépale*) avec une de la deuxième (*oppositipétale*). Le mouvement ne tarda pas à reparaître dès que la turgescence fut revenue, et les étamines se soulevèrent dans l'ordre indiqué par M. Carlet (*loc. cit.*). Ce fait, outre qu'il démontre bien la nature du phénomène, est encore remarquable en ce sens qu'ici la turgescence déterminée par

mais est-il réellement évident, comme le dit Sachs, que le mouvement se produit par un allongement et un raccourcissement alternatifs des deux faces supérieure et inférieure de l'organe ? Nous avons voulu nous éclairer sur ce fait, et dans ce but nous avons entrepris quelques expériences dont les résultats nous paraissent devoir être pris en considération.

Le jeu du mouvement ascendant se produisant, d'après cette manière de voir, par une turgescence et par une élongation de la face inférieure, il nous a semblé évident que si, au moment même où l'étamine va entreprendre sa période ascensionnelle, on enlève une portion de cette face inférieure avec un instrument très-acéré, ou encore si l'on dilacère cette face par des sections longitudinales et transversales multipliées, de manière à interrompre la continuité de ce tissu, l'état de tension ne pourrait subsister, la turgescence n'étant plus que partielle, et le mouvement devrait être arrêté. On admettra facilement que si le mouvement était absolument lié à la tension du tissu de cette partie inférieure de l'organe, état qui en exige l'intégrité absolue, il serait au moins ralenti par la disparition d'une partie du ressort propulseur. Il n'en a point été ainsi, et nous avons observé que le mouvement continue à se produire avec le même rhythme connu. Au moment où une étamine parvenait au point culminant de sa course[1], nous avons fait la même opération en enlevant successivement sur la face supérieure, qui doit, d'après la théorie de Sachs, entrer en jeu pendant la période de descente, d'abord l'épiderme, puis une petite couche de tissu cellulaire, le tout sans rien observer d'anormal; enfin, les dilacérations longitudinales et transversales ont eu le même résultat. La contre-épreuve, c'est-à-dire la dila-

l'eau absorbée devait se produire en même temps dans les huit étamines (puisque les rapports normaux de hauteur sur le torus étaient détruits par la section de chaque organe mâle), et que cependant le mouvement ainsi engendré a gardé son rhythme et son ordre habituels. Y aurait-il à faire intervenir, dans l'explication de ce rhythme, une cause autre que l'ascension de la sève ?

[1] Voir pour les détails de ce mouvement staminal, que nous ne pouvons reproduire ici, l'article de M. Carlet, *loc. cit.*

cération du tissu opposé, nous a permis au contraire d'arrêter à notre gré le mouvement d'ascension ou de descente. Dans ces conditions, nous avons été conduit à chercher une autre explication de ce fait et à ne pas accorder le rôle unique au seul tissu pouvant agir comme propulseur. Il s'agissait de savoir d'abord si ce dernier tissu intervient réellement dans le mécanisme de ce phénomène. Étant supposé que les deux faces sont le siége d'un allongement alternatif qui produit le mouvement, il est évident que si l'on interrompt avant le commencement de l'ascension la continuité du tissu de la face inférieure, la turgescence ne pouvant pas se produire, le mouvement sera arrêté; or, en découpant une partie de ce tissu et en enlevant un lambeau de 2 millim. de longueur sur une épaisseur égale à la moitié de celle de l'organe, le mouvement n'est ni interrompu ni atténué. Même fait s'observe si l'on pratique à la face supérieure la même ablation qu'à la face inférieure, avant la descente de l'étamine; mais si on l'opère sur les deux faces en deux points non opposés, bien entendu, le mouvement est alors arrêté. Ces faits nous ont semblé prouver que les tissus des deux faces jouent un rôle dans le mouvement d'ascension et de descente, et que le principal était dévolu à celui qui est capable d'agir directement par un mécanisme jusqu'ici inconnu. N'y a-t-il que le tissu cellulaire de ces deux faces qui soit engagé dans la manifestation du phénomène? Nous avons pensé éclaircir ce point douteux en détruisant au scalpel le faisceau fibro-vasculaire qui occupe le centre de ces étamines, par une section divisant le filet en deux parties égales et respectant à la fois et les attaches au torus et l'intégrité des anthères : le mouvement n'a pas été arrêté. Ceci semblerait prouver que l'eau arrive dans les cellules depuis le réceptacle, non point par l'intermédiaire du faisceau vasculaire, mais de proche en proche, de cellule à cellule.

Un autre fait non moins important est celui-ci : que pendant la nuit, ce mouvement staminal n'est pas suspendu, quoiqu'il semble un peu ralenti; mais sous l'influence de l'obscurité prolongée il exige, pour s'effectuer totalement, trois jours entiers dans les fleurs

de Rue, alors qu'il se produit dans les conditions normales en un seul jour. Un autre point à considérer, c'est que la chaleur et la lumière continue l'influencent manifestement : c'est ainsi que le mouvement des *Rues* et des *Saxifrages*, que nous avons vu ralenti pendant la nuit, reprend son intensité habituelle quand l'éclairage continu vient maintenir les conditions diurnes. Enfin, d'après les hypothèses de Sachs, on devrait constater un allongement du tissu inférieur pendant l'ascension, et c'est le contraire qui se produit certainement dans les étamines du *Ruta bracteata*, qui par leurs dimensions se prêtent bien à ces constatations ; on mesure également un allongement sur la face inférieure pendant le mouvement de descente. Les étamines, longues de $0^m,0055$ de la base à la naissance de l'anthère, présentent sur cette face supérieure une augmentation de $0^m,00005$ à chaque redressement. De plus, un certain épaississement se remarque aussi, sans qu'il nous ait été possible de le mesurer exactement.

Reportons-nous maintenant aux appréciations de M. Bert sur les conditions du mouvement spontané dans la *Sensitive*, et nous les trouverons applicables au cas actuel [1]. « La quantité d'eau contenue dans les tissus dépend de la puissance avec laquelle elle s'y trouve attirée, puissance qui doit varier par suite de la formation ou de la destruction d'une substance endosmotique dans les cellules-ressort..... Nous sommes amené à considérer cette matière endosmotique comme se formant, ou du moins comme trouvant ses conditions de formation sous l'influence des rayons lumineux et se détruisant ou perdant ces conditions de formation pendant l'obscurité. »

Peut-il être admissible, dans le cas actuel, qu'une substance endosmotique se forme aux dépens de l'amidon et sous l'influence des rayons solaires, d'abord sur la face supérieure du filet, et que cet afflux d'humidité détermine un redressement de l'étamine ? Ici nous n'avons pas, comme dans les renflements mo-

[1] *Recherches sur les mouvements de la Sensitive*, 2e Mémoire (*Journal de l'anatomie et de la physiologie*, no 2, mars 1872, pag. 229).

teurs de la *Sensitive*, des ressorts antagonistes dont la disposition et la turgescence expliquent nettement le jeu : la difficulté est là, et nous reconnaissons qu'elle est grande. Ici encore, nous l'avouons, l'action de ces tissus, agissant comme *ressorts*, n'est pas compréhensible, puisqu'on peut enlever une bonne épaisseur de la lame inférieure sans déterminer la courbure par en bas du ressort supérieur, et réciproquement ; d'un autre côté, peut-on admettre dans un tissu une disposition telle qu'un afflux de liquide puisse suffire pour le mettre en mouvement après l'avoir gonflé et allongé ?

Cette supposition, contraire aux données de la physique, rend compte cependant de tous les phénomènes que nous avons observés et explique le résultat de nos expériences, qui resteraient incompréhensibles avec toute autre théorie. Nous serions donc tenté d'admettre qu'il se produit une turgescence des cellules, du côté où la courbure se produit ; elle est lente, peu visible et résulte probablement d'une décomposition chimique analogue à celle qu'a supposée M. Bert dans le mouvement spontané de la Sensitive. Dans cette hypothèse, on comprend aisément la mise en mouvement de l'étamine : celle-ci, étant parvenue au-dessus du stigmate, s'incurve assez pour présenter sa face inférieure à l'action des rayons solaires qui doivent déterminer dans les tissus la formation d'une matière endosmotique, et il en résulte un afflux de liquide qui détermine le mouvement en sens inverse, c'est-à-dire de descente. Toutes les modifications chimiques qui surviennent dans l'intimité des tissus étant le plus souvent indiquées, dans les organes mis en jeu, par un changement de couleur, nous trouvons dans l'épiderme une modification qui appuierait cette théorie : la coloration cesse d'être verdâtre, pour devenir d'un jaune de plus en plus foncé. Quant au mouvement de descente de l'étamine, il ne s'accomplit jamais d'une manière suffisante pour replacer le filet dans sa position première, et cela s'expliquerait encore par la formation d'une nouvelle quantité de substance endosmotique à la face supérieure de l'organe, quand celle ci vient à être soumise de nouveau à l'action des rayons

solaires, pendant la période de descente. Il se produirait alors un balancement entre les deux forces antagonistes qui empêcherait la progression, et on comprendrait alors pourquoi l'étamine ne parcourt que la moitié de sa route.

Quoi qu'il en soit, nous ne donnons, bien entendu, à toute cette théorie que la valeur qu'elle peut emprunter à une observation isolée, et, sans y ajouter d'autre importance, nous la soumettons au contrôle de ceux que ces questions intéressent.

En terminant ce sujet, que nous avons à peine ébauché, nous voulons relater ici quelques observations sur un mouvement spontané dont on s'est assez peu occupé, qui n'a rien de périodique, et qui par cela même devrait être exclu de cette étude, mais dont cependant nous avons été appelé à nous occuper en raison de la constitution spéciale des organes qui sont destinés à le produire. Nous voulons parler de celui qu'on observe dans les étamines de quelques Urticées. Ces phénomènes, déjà signalés en 1600 par J. Bauhin, furent ensuite étudiés par Morison, J. Ray, S. Vaillant, Stœhlin, Linné, Haller, Scopoli et Gmelin, successivement dans les *Parietaria officinalis, judaïca* et *lusitanica*, puis dans les *Urtica* dès 1724 par Stœhlin, Haller, Alsim, dans le genre *Morus* en 1720 par Blair et Haller, dans les *Forskœhlea* par Linné en 1767; enfin, s'il nous était permis de nous citer nous-même, nous ajouterions que nous les avons observés dans le chaton mâle du *Broussonnetia papyrifera*.

Après tous ces grands botanistes, on pourrait croire que l'étude de ce mouvement ne laisse rien à désirer; il n'en est cependant pas ainsi. Nous n'en redirons pas le mécanisme, et nous nous bornerons pour les rappeler, afin de montrer la manière la plus récente de les envisager, de citer le passage de la Thèse remarquable de M. Baillon qui y a trait. Disons pour mémoire que Comparetti, d'après Sennebier[1], a observé dans les étamines de *Pariétaire* et d'*Ortie* un grand nombre de vaisseaux spiraux qui paraissent

[1] *Physiologie végétale*, tom. V, chapitre XI, pag. 87.

annulaires quand les étamines sont courbée et qui servent à leur redressement. On se demande quel rôle pouvaient, pour cet auteur, jouer ces vaisseaux dans des organes doués d'un mouvement si rapide. « Il se passe dans les filets des étamines des *Urticées*, dit M. Baillon, des mouvements très-rapides, très-brusques, entièrement spontanés, qui ne tiennent pas à l'irritabilité ; tels sont ceux que présentent les orties, les pariétaires, les Urticées en général. Le filet infléchi des étamines se redresse subitement au moment où l'anthère vient de s'ouvrir, et le pollen est ainsi lancé au loin. Examinons ces étamines dans le bouton; nous verrons le filet courbé de telle façon que l'extrémité inferieure de l'anthère se trouve regarder en haut et sa face dorsale vers le centre de la fleur. Le filet décrit un arc serré dont le côté *concave est souvent entaillé transversalement, pour qu'il se puisse prêter à cette inflexion forcée*. Mais lorsque dans l'anthère les folioles calicinales s'écartent, elles cessent de maintenir appliqué au-dessous du rebord saillant du gynécée rudimentaire ce sommet de l'étamine. Le filet formé de cellules turgescentes, qui se trouvait mécaniquement contenu jusque-là comme un arc-boutant, se redresse avec force et projette alors ce gros nuage de pollen auquel les loges ouvertes de l'anthère donnent issue. Si l'on cueille les fleurs et qu'en cet instant le phénomène se produise, qu'on ne pense pas que la secousse imprimée ait mis en jeu l'irritabilité de l'étamine, elle a seulement dégagé celle-ci de sa prison; et si la structure singulière du filet des étamines des Urticées, ses replis transversaux, ses articulations rachiformes, semblent au premier abord l'indice d'une action vitale spéciale, on verra bientôt que cette *disposition n'est pas la cause du phénomène, mais bien le résultat de la flexion forcée pendant l'accroissement.*»

Le savant Professeur a résumé excellemment en quelques lignes l'opinon la plus accréditée sur ces mouvements singuliers, qui par leur nature sont réellement spontanés. Cette opinion nous a paru discutable, et nous avons été d'autant plus porté à la soumettre au contrôle d'une nouvelle observation, que nous avons vu, dans la constitution de ces organes mobiles, un rapproche-

ment à établir avec celle que nous avons décrite déjà chez les Berbéridées.

A propos de ce filet et de sa structure, M. Baillon dit, dans le passage que nous avons souligné, qu'il est concave et souvent entaillé transversalement, *pour qu'il se puisse prêter à cette inflexion forcée*. La raison ne paraîtra pas péremptoire à ceux qui savent que ces stries transversales appelées à un rôle très-important n'existent pas chez les *Urtica* par exemple : le filet y est cependant bien en inflexion forcée, comme dans les *Pariétaires*, où la première disposition est très-manifeste. Plus loin nous lisons : « Si la structure singulière du filet, etc... semble, au premier abord, le fait d'une action vitale spéciale, on verra bientôt que cette *disposition n'est pas la cause des phénomènes, mais bien le résultat de la flexion forcée pendant l'accroissement* ». Nous pouvons redire à ce sujet encore, qu'il est singulier de ne pas rencontrer cette disposition caractéristique dans les *Urtica*, les *Morus* et les *Broussonnetia*, où cependant la même flexion forcée se produit pendant l'accroissement. A coup sûr, on a méconnu l'importance de ces dispositions, et il suffit, pour s'en rendre compte, d'enlever d'un seul coup de rasoir la couche des stries transversales de la face concave. On s'aperçoit bien vite du rôle qu'elles jouent dans les Pariétaires, car l'étamine recourbée au dehors s'incurve aussitôt en dedans. Cette disposition des cellules rachiformes, que nous avons représentée Pl. IV, *fig.* 9, constitue à nos yeux dans son ensemble un ressort de forme spéciale appelé à favoriser le déroulement de l'étamine. Ces saillies striées longitudinalement, formées de cellules turgescentes et séparées par des intervalles qui disparaissent pendant l'enroulement de l'organe, pour s'accentuer au contraire pendant son déroulement, sont très-appropriées au rôle auquel elles sont appelées. Elles constituent un vrai ressort hygrométrique[1], qui une fois mis en mouvement ne revient plus sur lui-même.

[1] Il faut remarquer en effet que les étamines ne se détendent pas quand elles ont été mouillées, et qu'au contraire elles se débandent rapidement par les temps secs.

Ce ressort, quoique différent par sa situation (il occupe la face concave de l'étamine), est comparable à celui qui est constitué par la zone des cellules que nous avons vues dans les étamines de *Berberis* et de *Mahonia* sur la face convexe de l'organe excitable. Il est à remarquer que les étamines des *Urtica*, qui ne présentent pas la même disposition sur leur face concave enroulée, ont cependant sur cette même face un ressort d'une autre nature (Pl. IV, *fig.* 10). Il est tout entier constitué par l'épiderme, qui sur cette portion du filet est d'une structure différente de celui de la face opposée. Dans les *Parietaria*, ce sont les cellules sous-jacentes à l'épiderme très-aminci qui se sont bosselées et ont pris un développement anormal, pour constituer des entailles transversales parallèles séparées par des intervalles creux. Dans les Orties, l'épiderme s'est développé considérablement en épaisseur, et ses cellules, comprimées d'abord les unes contre les autres, après s'être détendues en produisant le phénomène de la dissilance, ont repris les dimensions qu'elles doivent occuper normalement. Dans l'un et dans l'autre cas, la disposition en ressort est réalisée avec des tissus différents, pour arriver, en dernière analyse, au même résultat.

En somme, et c'est ce que nous voulions montrer, la présence des cellules disposées en forme de ressort purement mécanique n'est pas un fait isolé dans la nature. Le cas des Urticées où ce mécanisme est le plus visible, quoiqu'il s'applique à un mouvement d'une nature spéciale, pourrait trouver sa place à côté de la disposition que nous avons décrite sur la face postérieure des étamines des Berbéridées. Après ce rapprochement, qu'il nous a paru utile d'établir en terminant cette étude, nous pouvons dire une fois de plus : *Natura non facit saltus.*

CONCLUSIONS

Les travaux du genre de celui-ci devraient pouvoir se condenser en une proposition principale qui en résume tout l'esprit. Sans avoir la prétention d'arriver à cette perfection, nous allons donner en quelques phrases concises les résultats les plus saillants auxquels nous croyons être arrivé.

Dans les végétaux supérieurs, le mouvement peut reconnaître deux causes primordiales attribuables à l'*irritabilité fonctionnelle* et à l'*irritabilité nutritive*. — Les mouvements spontanés placés sous la dépendance de la seconde propriété (générale) se différencient surtout des provoqués, que régit la première (spéciale) par leur résistance à l'action des anesthésiques.

L'irritabilité fonctionnelle peut résider dans des organes différents : cellules de l'épiderme (*Tiliacées, Cactées, Cistées, Portulacées*, etc.) : cellules parenchymateuses (*Berbéridées, Synanthérées*); enfin probablement vaisseaux spiraux (*Bignoniacées, Sésamées*, etc., et généralement toutes les *lames stigmatiques irritables*). Le mouvement provoqué peut dans certaines plantes se trouver réuni au mouvement spontané, se produire probablement par le concours des mêmes organes, et rester cependant indépendant.

Dans les cellules irritables (elles ne sont généralement pas complétement tendues), la membrane d'enveloppe jouit d'une contractilité spéciale qui lui permet, soit une plication, soit une rétraction sans pli, au moment même où l'irritabilité lui est transmise. Le protoplasma joue un rôle encore obscur qui se traduit par une concentration de sa masse au centre de la cellule : il est probablement l'organe sensible par excellence. — Quant au rôle des trachées, quoiqu'il soit physiologiquement indiscutable dans le mouvement stigmatique, nous n'avons pu le définir avec toute la précision désirable.

Les différents agents physiques et chimiques dont nous avons étudié l'influence sur le mouvement provoqué ont une action qui rapproche sensiblement ce phénomène de celui qui existe chez les animaux.

ERRATA.

Page 19.	Ligne 14.		Au lieu de :	Peut être suspendue *par*... Lisez : suspendue au *moyen des*...
— 20	—	4	—	en est une nécessité *générale* — en est la *première* nécessité.
— 22	—	3	—	sous la dépendance de l'irritabilité fonctionnelle prend lisez : sous la dépendance de l'irritabilité fonctionnelle, *quoique moins commune*, prend...
— 26	—	2	—	pour être *étudiés* comme — pour être *analysés* comme.
— 26	—	4	—	nous *croyons* utile de — nous *considérons* comme utile.
— 37	—	9	—	combinée de toutes cellules — de toutes *les* cellules.
— 37	—	20	—	sensibilité *à la* faveur — sensibilité *en* faveur.
— 48	—	22	—	insensibles *à* certaines — insensibles *par* certaines.
— 75	—	23	—	nous *pouvons* indiquer — nous *devons*.
— 79	—	8	—	l'organe a *franchi* — l'organe a *atteint*.
— 96	—	note 3	—	s'exprime ainsi — il est dit.
— 98	—	21	—	*ordre* divers — d'*ordres* divers.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE I.

Fig. 1. Étamine de *Berberis vulgaris* (8/1): *a*, point où naît la sensibilité; *b*, point où elle est très-accentuée; *c*, point articulaire où elle est nulle.

— 2. Étamine de *Mahonia aquifolium* (8/1): *a*, espace compris entre les deux appendices latéraux où naît la sensibilité; *b*, point où elle est le plus accentuée; *c*, point articulaire insensible.

— 3. Fleur complète de *Berberis vulgaris*. Une étamine est figurée en période de contraction : dans cette position, l'anthère n'atteint pas le stigmate.

— 3'. Organes reproducteurs de *Mahonia aquifolium* ; deux étamines en période de contraction couronnent le stigmate.

— 4. Coupe transversale d'une étamine de *Berberis vulgaris* (5/1): *a*, zone tergale insensible; *b*, zone antérieure sensible; *cc'*, ligne de démarcation entre les deux zones.

— 5. Épiderme d'une étamine de *Berberis vulgaris* (224/1): *a*, portion prise sur la face antérieure concave sensible; *b*, portion appartenant à la face convexe insensible.

— 6. Épiderme d'une étamine de *Mahonia fasciculata* (224/1): *a* (partie ombrée), lambeau pris sur la face convexe insensible; *b*, lambeau du même fragment appartenant à la face concave sensible.

— 7. Coupe longitudinale du tissu de la face antérieure d'un filet de *Berberis Darwinii* avant la contraction (coupe faite pendant l'état anesthésique).

— 7'. Même coupe faite sur la même fleur immédiatement après contraction de l'organe irritable (cette coupe montre l'état de concentration du protoplasma des cellules contractiles).

— 8. Même coupe plus détaillée (416/1) et montrant le plissement de la membrane d'enveloppe pendant la contraction du protoplasma.

Fig. 9. Même coupe plongée dans l'eau glycérinée et revenant à l'état normal. Le déplissement des cellules se produit insensiblement, dix minutes après le premier examen.

— 10. Coupe longitudinale du tissu antérieur d'un filet de *Mahonia aquifolium* après l'excitation.

— 11. Même coupe dix minutes après le premier examen; la contraction disparaît.

PLANCHE II.

Fig. 1. Schéma représentant la situation de l'étamine des *Berberis* par rapport à la corolle avant l'excitation.

— 1'. Situation de l'étamine après contraction et mesure (par les angles des cordes) de l'amplitude du mouvement : *o*, point immobile; *b*, sommet de la corolle; *ob*, corde de la corolle; *c*, sommet de l'anthère; *oc*, corde du filet.

— 2 et 2'. Mêmes situations et mêmes mesures que ci-dessus pour les étamines de *Mahonia*.

— 3. Mesure de la contraction et de la projection du filet dans son mouvement: *ob*, corde corollaire; *oc*, corde staminale; *cb*, distance de contraction.

— 4. Étamine velue et contractile de *Centaurea Fontanesii*; poils cylindriques (50/1).

— 5. Détails anatomiques des poils de *Centaurea Fontanesii* avec leur contenu granuleux (224/1).

— 6. Étamine velue et contractile de *Centaurea aspera*; poils cylindriques (50/1).

— 7. Détails anatomiques des poils de *Centaurea aspera* avec leur contenu granuleux (380/1).

— 8. Filet motile de *Centaurea solstitialis* avec ses poils capités (100/1).

— 9. Filet motile de *Carduus nutans*; poils aigus (80/1).

— 10. Filet glabre et motile de *Cichorium Intybus* (224/1).

— 11. Filet glabre non irritable de *Tagetes... spec.* (224/1).

— 12. Fragment de filet de *Centaurea Fontanesii* pris avant l'excitation et pendant le sommeil anesthésique (490/1).

— 13. Même fragment, pris après l'excitation et revenant à l'état de repos (490/1).

Fig. 14. Fragment du même, pris pendant la période de contraction sénile (490/1).

PLANCHE III.

Fig. 1. Lame majeure stigmatique du *Martynia lutea* (50/1) : *a*, faisceau fibro-vasculaire principal ; *b*, faisceaux secondaires ; *c*, faisceaux tertiaires isolés.

— 2. Coupe longitudinaire de la même lame montrant les faisceaux de trachées et le parenchyme cellulaire (295/1) : *a*, faisceau central compacte composé de six trachées ; *b*, faisceau court et isolé répondant à *c* de la fig. 1 ; *c*, parenchyme cellulaire ; *d*, granulation intracellulaire.

— 3. Lame mineure du stigmate de *Mimulus guttatus* montrant la face supérieure couverte de papilles marginales et un faisceau central *a* unique et indivis (50/1).

— 4. Coupe de la même lame montrant : en *a*, le faisceau compacte unique composé de neuf trachées à spires lâches ; en *b*, les cellules du parenchyme (295/1).

— 5. Lame majeure stigmatique de *Tecoma radicans* montrant la face supérieure couverte de papilles. — *a*, faisceau compacte unique et indivis (50/1).

— 6. Lame mineure de *Tecoma radicans* montrant sa face inférieure dépourvue de papilles (50/1).

— 7. Coupe d'une lame mineure de *Tecoma grandiflora* prise pendant la période de contraction et montrant : en *a*, le faisceau unique de trois trachées ; en *b*, le tissu parenchymateux (295/1).

— 8. Lame majeure d'*Amphicome arguta* montrant la face supérieure couverte de papilles marginales : *a*, faisceau central unique (50/1).

— 9. Coupe d'une lame mineure d'*Amphicome arguta* montrant en *a* un faisceau unique compacte composé de neuf trachées.

PLANCHE IV.

Fig. 1. Disposition des étamines et des parastémones de *Sparrmannia africana*, commençant leur mouvement après irritation. *A*, pistil ; *B*, *C*, étamines vraies ; *D*, parastémone (10/1).

Fig. 2.[1] Position des étamines et des parastémones parvenus au point maximum de leur course.

— 3. Ovaire et réceptacle du même. *Fig.* 3′. Disposition des verticilles floraux : *a*, hexagone staminal; *b*, cicatrice de la pièce calicinale; *c*, cicatrice corollaire opposée à l'hexagone staminal.

— 4. Cellules sphériques qui constituent une torulosité staminale (100/1).

— 5. Coupe transversale d'une de ces torulosités à épiderme strié transversalement et à cellules très-dilatées, contenant plusieurs noyaux très-réfringents.

— 6. Épiderme strié longitudinalement et dépourvu de stomates, pris dans la continuité du filet d'une étamine lisse (316/1).

— 7. Coupe longitudinale de la torulosité représentée *fig.* 4 : parenchyme et trachées (316/1).

— 8. Face concave dans l'enroulement et à ressort de l'étamine de *Parietaria officinalis* (312/1).

— 9. Face inférieure convexe dans l'enroulement et lisse de la même étamine (312/1).

— 10. Face supérieure lisse (comme l'inférieure) d'une étamine d'*Urtica urens* (312/1).

[1] Les *fig.* 1 et 2 sont empruntées au travail de Morren sur le mouvement des étamines de *Sparrmannia africana*.

TABLE DES MATIÈRES.

INTRODUCTION 5

CHAPITRE PREMIER. — Considérations générales sur le mouvement végétal 9

§ I. Du mouvement provoqué dans les étamines des Berbéridées 27

CHAPITRE II. — § II. Du mouvement provoqué dans les stigmates motiles des Scrophularinées, Bignoniacées, Sésamées, Goodéniacées, Brunoniacées 73

§ III. Du mouvement provoqué dans les étamines des Synanthérées 101

§ IV. Du mouvement mixte (spontané et provoqué) 122

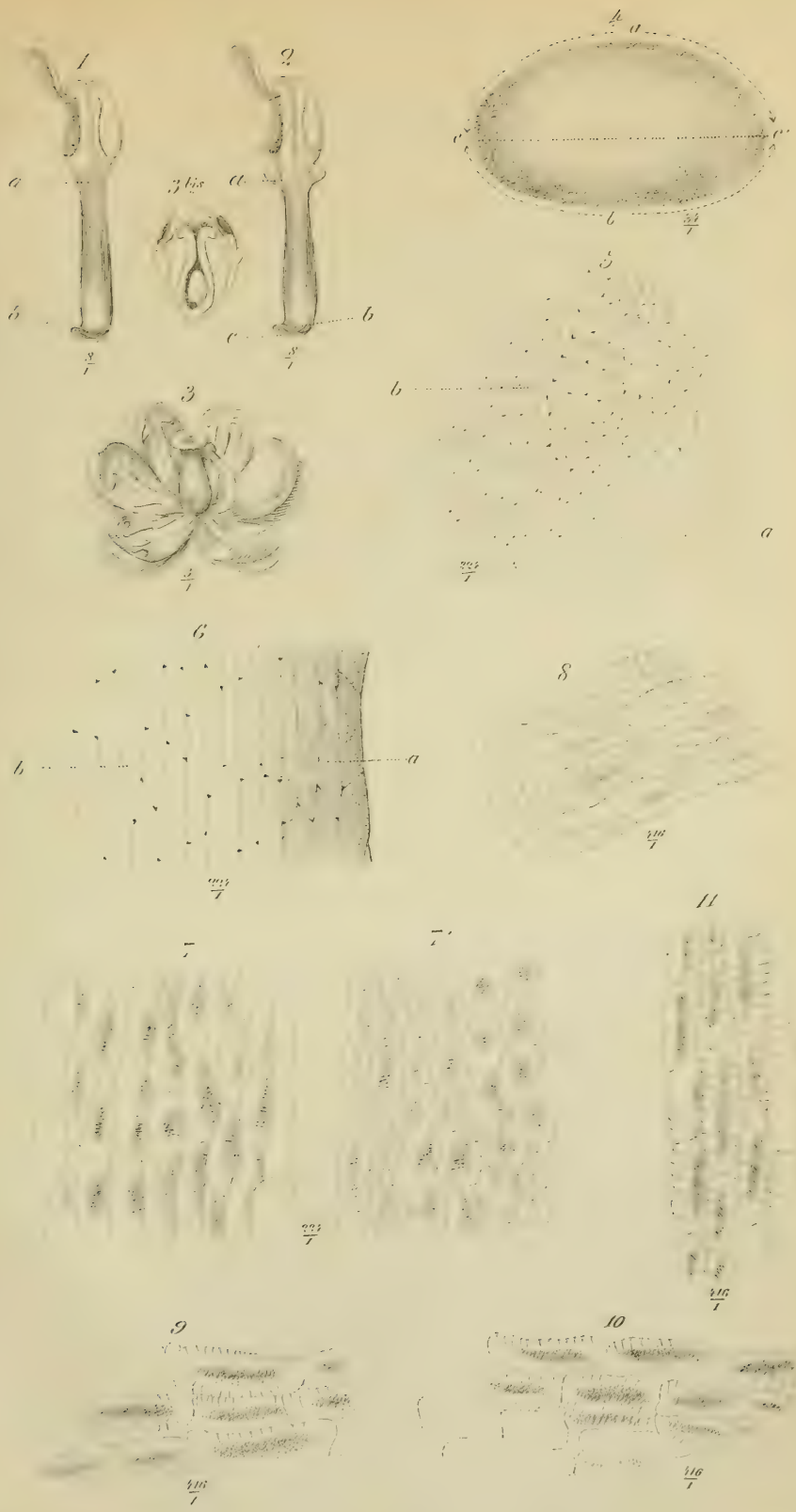
Du mouvement mixte dans les étamines des *Sparrmannia, Cistus, Helianthemum, Portulaca*, *Cereus* et *Cactus*.. 125

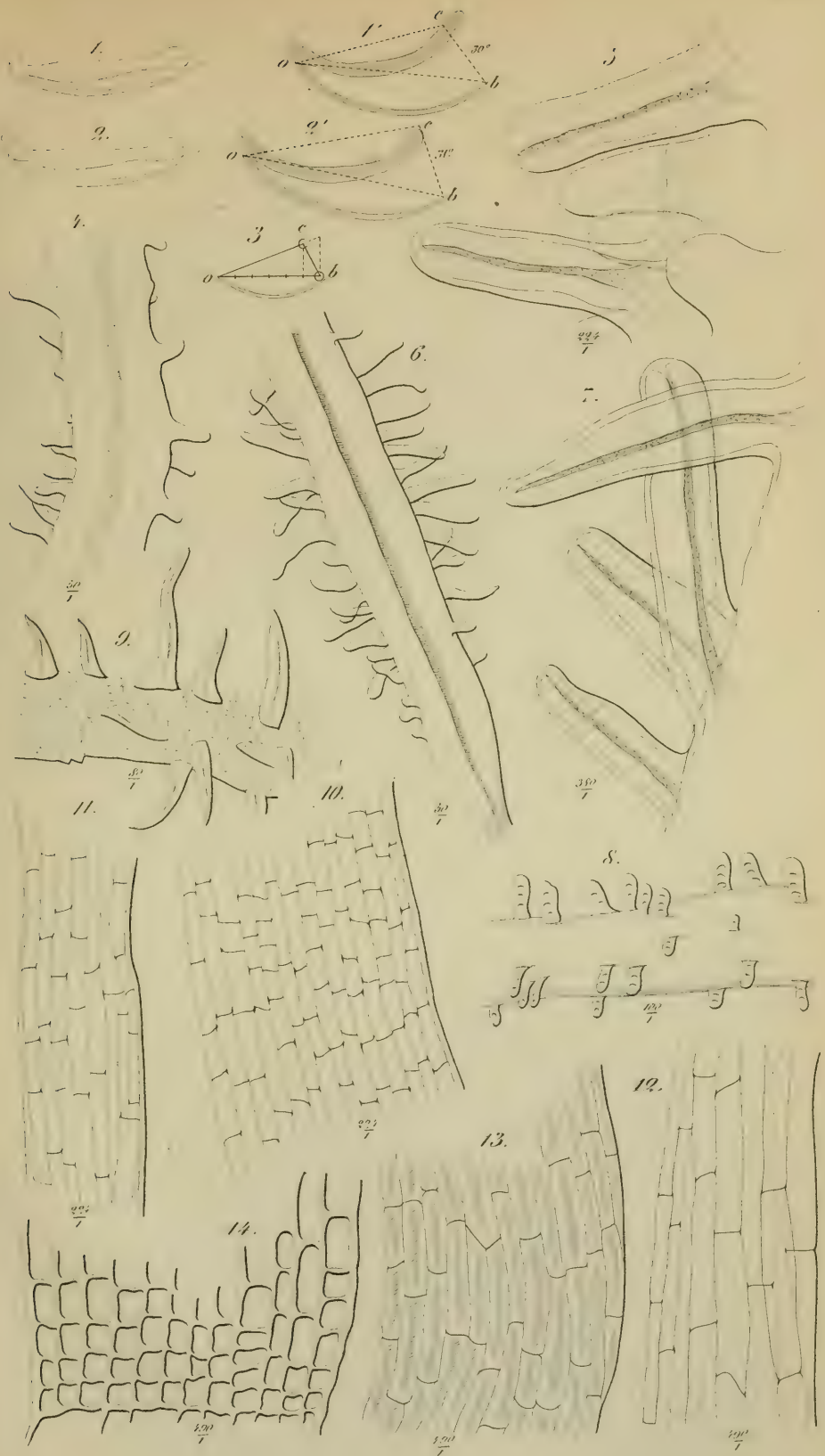
CHAPITRE III. — Du mouvement périodique spontané dans les étamines des *Ruta*, *Saxifraga* et *Phytolacca* 144

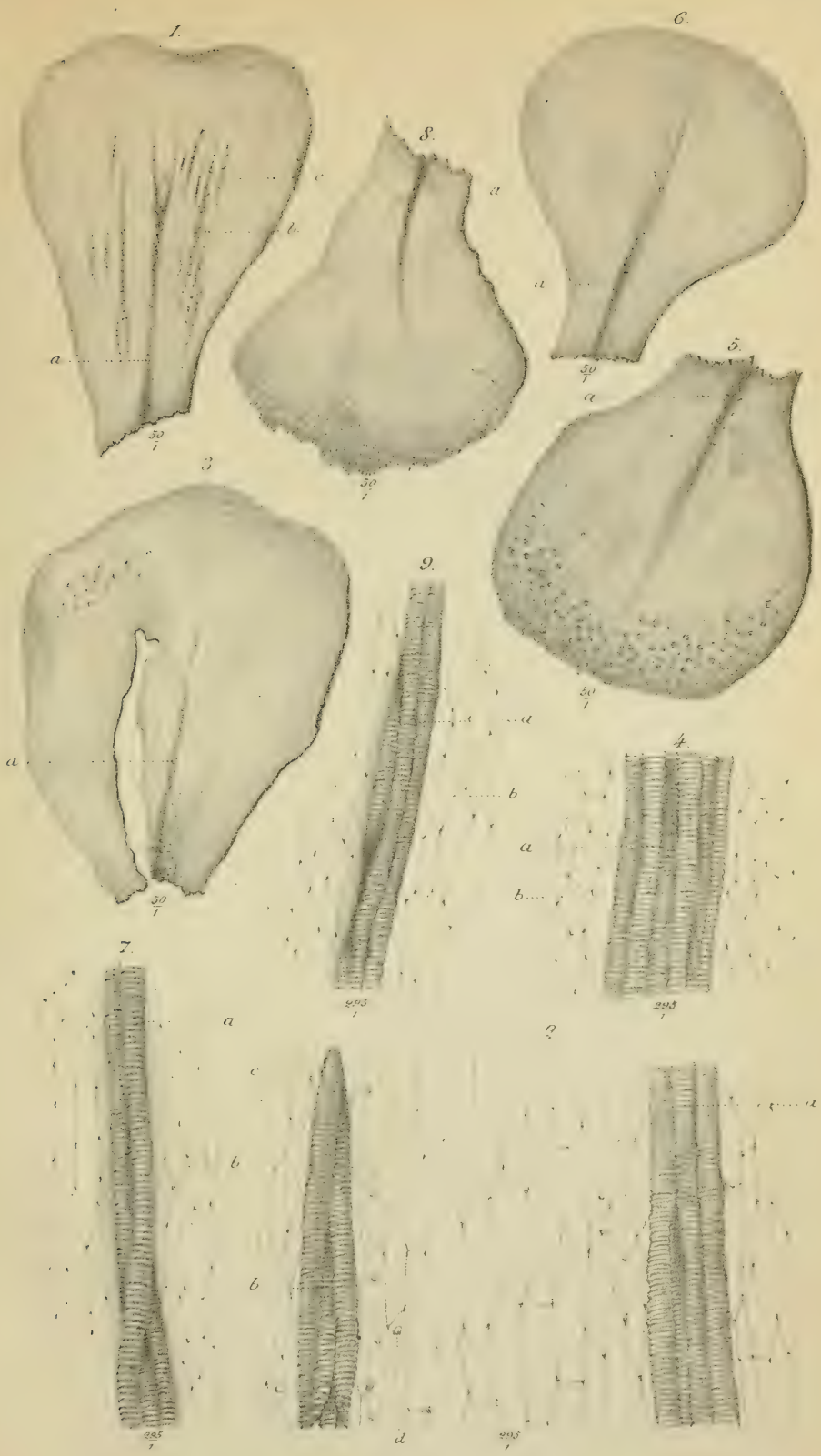
CONCLUSIONS 158

ERRATA 159

EXPLICATION DES PLANCHES 160

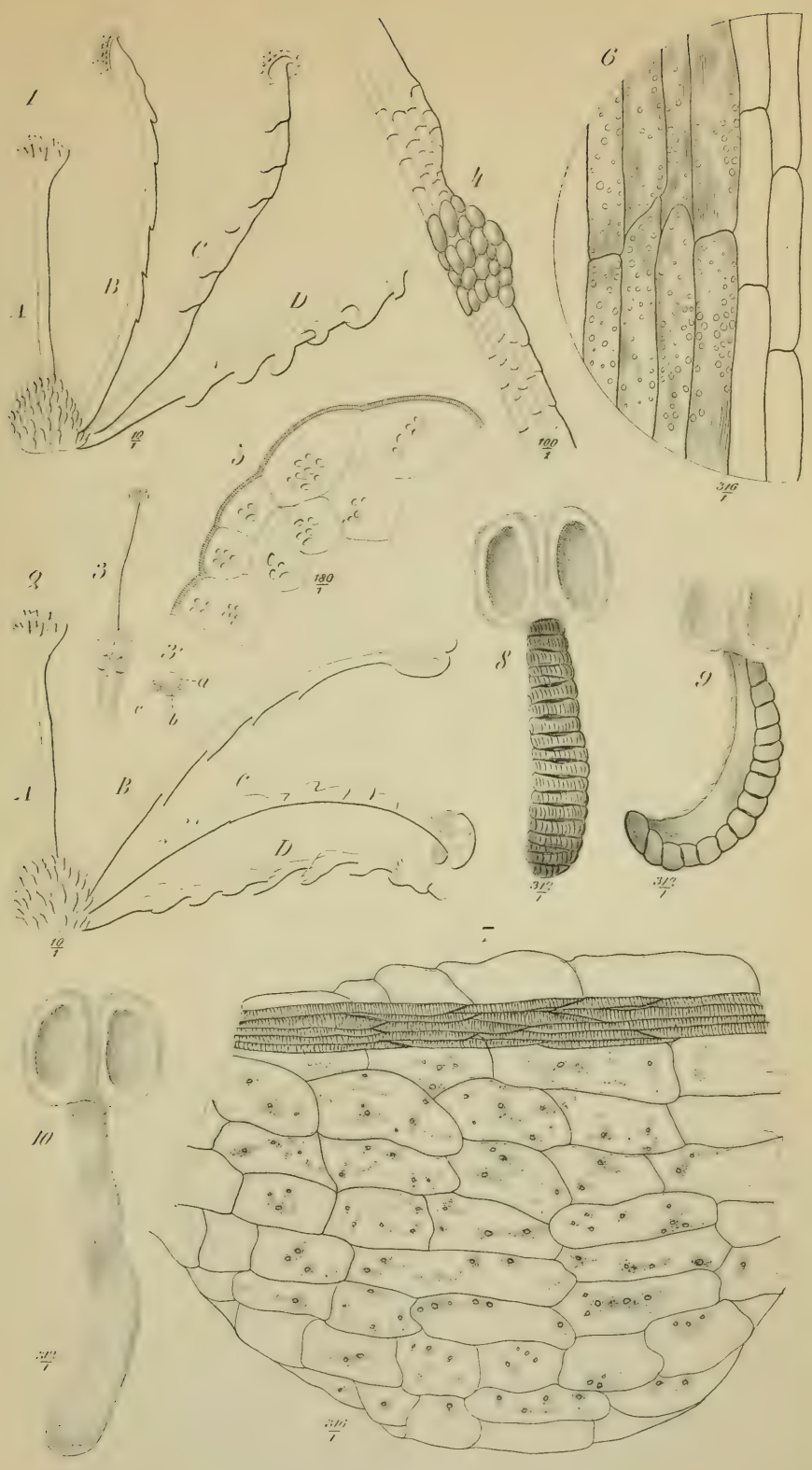

1
2
a
3 bis
a
b
c
b
3/1
3/1
4
a
c'
c
b
34/1
3
b
a
300/1
3
6
b
a
300/1
8
700/1
7
7'
11
300/1
700/1
9
10
700/1
700/1


1.
1'
c
o
b
30°
2.
2'
3
4.
6.
7.
9.
11.
10.
8.
12.
13.
14.



E. Heckel & Peltier, ad. nat. del.

Lith. Boehm & Fils, Wien lp.


1
A
B
C
D
10/1
4
100/1
6
316/1
5
130/1
2
3
3'
a
b
c
A
B
C
D
10/1
8
312/1
9
312/1
7
10
312/1
316/1

A LA MÊME LIBRAIRIE

JOURNAL DE THÉRAPEUTIQUE

Publié par M. Gubler, professeur de thérapeutique à la Faculté de médecine, avec la collaboration de MM. A. Bordier et Ernest Labbée, anciens internes des hôpitaux. Le *Journal de thérapeutique* paraît le 10 et le 25 de chaque mois, dans le format in-8°. — Paris, 18 fr. ; départements, 20 fr.

L'année 1874 forme un fort volume grand in-8°. Prix..... 18 fr.

LA NATURE

Revue des Sciences et de leurs applications aux Arts et à l'Industrie

Journal hebdomadaire illustré

Rédacteur en Chef : M. **Gaston TISSANDIER**.

La Nature paraît tous les samedis par livraison de 16 pages grand in-8° jésus, avec de belles gravures dans le texte ; le tout protégé par une couverture.

Chaque année de la publication formera 2 beaux volumes grand in-8° richement illustrés, de 116 pages chacun.

Prix de l'abonnement annuel servi par la poste :

Paris, 20 fr. — Départements, 25 fr. — Prix du numéro, 50 cent.

En vente les quatre premiers volumes. Prix de chaque volmme broché, 10 fr.; richement relié..... 13 fr. 50

TRAITÉ DE ZOOLOGIE

Appliqué à l'Agriculture, à l'Industrie, au Commerce et à tous les Arts techniques, par M. Noguès, professeur à l'École Centrale de Lyon.

Première année : **Classification et Mammalogie**, avec 100 fig. 2 fr. 50.

Deuxième année : **Vertébrés ovipares et Invertébrés**, avec 519 fig. 5 fr.

Troisième année : **Physiologie comparée de l'homme et des animaux**, avec 143 figures chacun..... 3 fr.

Quatrième année : **Zootechnie, Zoologie industrielle, Hygiène**, avec 227 figures..... 5 fr.

ANNALES DES SCIENCES NATURELLES

VIe Série ayant commencé le 1er Janvier 1875.

— Zoologie et Paléontologie, comprenant l'Anatomie, la Physiologie, la Classification et l'Histoire naturelle des animaux ; publiées sous la direction de M. Milne-Edwards.

— Botanique, comprenant l'Anatomie, la Physiologie, la Classification et l'Histoire naturelle des végétaux ; publiée sous la direction de MM. Ad. Brongniart et J. Decaisne.

Chaque partie est l'objet d'un abonnement séparé. — L'abonnement comprend *deux* volumes publiés dans l'intervalle d'une année, paraissant chacun en 6 fascicules et accompagnés chacun d'environ 17 planches, dont plusieurs coloriées.

Prix de l'abonnement pour les 2 volumes :

Zoologie. Paris.....	25 fr.	Départements.....	26 fr.
Botanique. Paris.....	25 fr.	Départements.....	26 fr.

Montpellier. — Typogr. Boehm et Fils.

New York Botanical Garden Library
QK771 .H4 gen
Heckel, Edouard Mar/Du mouvement vegetal
3 5185 00075 4992